









DIE

ELEKTRICITÄT IN DER MEDICIN.

STUDIEN

VON

DR. HUGO V. ZIEMSSEN,

K. B. GEHEIMER UND OBER-MEDICINAL-RATH, PROFESSOR DER SPECIELLEN PATHOLOGIE UND THERAPIE UND DER KLINISCHEN MEDICIN, DIREKTOR DES ALLGEMEINEN KRANKENHAUSES UND DES KLINISCHEN INSTITUTES ZU MÜNCHEN.

FÜNFTE, GANZ UMGEARBEITETE AUFLAGE.

MIT 60 HOLZSCHNITTEN UND 1 LITHOGR. TAFEL.

BERLIN 1887.

VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD.

NW. UNTER DEN LINDEN 68.



Vorwort.

Seit dem Erscheinen der ersten Hälfte der IV. Auflage dieses Buches sind 15 Jahre vergangen — ein langer Zeitraum, wenn man die raschen Fortschritte der medicinischen Elektricitätslehre überblickt. Es war an der IV. Auflage dementsprechend schon Vieles veraltet, ehe durch das Erscheinen des II. Hälfte das Werk vollendet wurde. Für die V. Auflage war sonach vor Allem eine vollständige Umarbeitung des I. Theiles nothwendig; dann musste aber auch der II. Theil, obwohl derselbe erst vor 2 Jahren erschienen ist, bereits mannigfachen Veränderungen unterzogen werden. Es ist ja der beste Beweis, dass sich eine Disciplin in rascher Fortentwicklung befindet, wenn die Schriften, welche sich mit derselben beschäftigen, rasch veralten. Indessen für die Autoren hat es immerhin etwas Unbequemes an sich, um so mehr, als das literarische Detailmaterial in der Elektricitätslehre sich in einer ungewöhnlichen Weise angehäuft hat und schwer zu überblicken ist. Ich kann nicht dafür einstehen, dass nicht eine oder die andere casuistische Mittheilung von mir übersehen ist, hoffe aber, dass mir, falls es geschehen ist, Seitens der betreffenden Herren Autoren Indemnität ertheilt werde in Rücksicht darauf, dass keine mala fides vorliegt.

Meine Absicht war es, den jetzigen Standpunkt der medicinischen Elektricitätslehre und insbesondere die practisch so wichtigen Fortschritte der Elektrodiagnostik und der Elektrotherapie möglichst objectiv und übersichtlich darzustellen. Wenn ich mich sehr vorsichtig in Bezug auf die therapeutischen Erfolge der Anwendung des elektrischen Stroms geäussert habe, so habe ich damit nur meiner Erfahrung

Rechnung getragen, welche mir in Bezug auf therapeutische Erfolge eine gewisse Zurückhaltung auferlegt.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Werkchens (1857) habe ich mich mit stets gleichem Interesse mit diesem Zweige unserer Wissenschaft beschäftigt und, wie ich glaube, einige Anregung in der Richtung gegeben, dass in den Arbeiten auf diesem Gebiete die Wege exacter wissenschaftlicher Forschungsmethode eingehalten würden. Auch das darf ich mir vielleicht als ein Verdienst anrechnen, dass ich in meiner Stellung als Kliniker unablässig bemüht gewesen bin, der Elektricitätslehre die ihr gebührende Stellung im Rahmen des klinischen Unterrichts zu sichern und dahin zu wirken, dass die Elektrodiagnostik und Elektrotherapie zu integrirenden Bestandtheilen des ärztlichen Beobachtens und Handelns werden. In diesem Bestreben habe ich mich allzeit der hingebenden Mitwirkung begabter Schüler zu erfreuen gehabt, deren Namen — ich nenne Adolf Heller, Georg Fischer, Adolf Schmid, Aug. Weiss, Christian Leegard, Roderich Stintzing, Hermann Gessler, Rud. v. Hösslin, Ernst Gräber — in der medicinischen Literatur längst einen guten Klang haben. Ihnen mögen diese Zeilen ein Zeichen freundlicher Erinnerung an die Zeiten gemeinsamer Arbeitsthätigkeit und zugleich eine Anregung sein, diesem jungen, viel versprechenden Zweige unserer Wissenschaft auch fernerhin treu zu bleiben.

Diesem Buche aber möge in der neuen Gestalt dieselbe freundliche Aufnahme, welche die früheren Auflagen gefunden haben, bei den Aerzten zu Theil werden!

Dr. **Ziemssen.**

Inhalt.

Seite

I. Physikalisch-Physiologischer Theil.

Einleitung 1
Historisches 3
Physiologische Vorstudien 12
Von dem Stromlauf im menschlichen Körper und vom Leitungswiderstand der Gewebe 12
Von dem Leitungswiderstand der Gewebe und Organe im Allgemeinen 14
Von dem Leitungswiderstand der einzelnen Organe 21
Physiologische Wirkungen des elektrischen Stromes an den einzelnen Organen 40
Haut 40
Nerv und Muskel 49
Vom Elektrotonus und dem Zuckungsgesetze . . . 50
Versuche über den Elektrotonus am lebenden Menschen 58
Physiologische Wirkungen der Elektrisirung der Nerven und Muskeln am lebenden Menschen 69
Zuckungsformel des normalen Nerven und Muskels am Lebenden 74
Muskel 80
Steigerung der Muskelwärme bei jeder Contraction . 81
Verhalten der Wärmeproduction in glatten Muskeln . 96
Die sensiblen Nerven 106
Die Sinnesnerven 109
A. Der Sehnerv 109
B. Der Hörnerv 119
C. Der Geschmacksnerv 121
D. Der Geruchsnerv 124
Gehirn 126
Die Wirkungen der Gehirngalvanisation beim Menschen 127
Rückenmark 133
Sympathicus 134

Seite

Die Organe der Brusthöhle 138
Herz 139
Oesophagus 139
Respirationsapparat 140
Zwerchfell. 140
Die Organe der Bauchhöhle 142
Magen 143
Darm 146
Harnblase und Gallenblase 147
Ureteren, Vas deferens, Uterus, Nieren, Milz . . . 148
Von den Apparaten und ihrer Behandlung 150
I. Apparate zur Anwendung der Reibungs-Elektricität . . . 150
II. Apparate zur Anwendung der Inductionsströme 151
A. Die magnet-elektrischen Inductionsapparate . . 151
B. Die volta-magnet-elektrischen Inductionsapparate 152
III. Apparate zur Anwendung des constanten galvanischen Stroms 165
Methoden der Polbestimmung 187
Das absolute Galvanometer 189
Die Nebenapparate 196
Allgemeine Bemerkungen zur Methode der Localisirung des elektrischen Stroms 208
Anatomisch-Physiologisches zur Methode der Localisirung des elektrischen Stroms 213
Kopf 215
Hals 234
Obere Extremitäten 254
Rumpf 268
Bauch 272
Untere Extremitäten 275

II. Elektrodiagnostik.

Methoden und Ergebnisse der Elektrodiagnostik des motorischen Nerven und des Muskels 289
Methoden 289
Die elektrodiagnostische Untersuchung der motorischen Nerven und des Muskels 289
Die elektrodiagnostische Untersuchung der glatten Muskulatur 301
Pathologische Befunde und deren diagnostische Bedeutung . 301
Erhöhung der elektrischen Erregbarkeit 302
Herabsetzung der elektrischen Erregbarkeit . 304
Die Entartungsreaction 309
Die typische Form 315
Die atypischen Formen 322
Diagnostische und prognostische Bedeutung 325
Elektrodiagnostik der Reflexbewegung 327

Seite

Methoden und Ergebnisse der elektrodiagnostischen Prüfung der Sensibilität 329
Pathologische Befunde 330
Die elektrodiagnostische Prüfung der elektromuskulären Sensibilität 331
Pathologische Befunde 331
Methoden und Ergebnisse der elektrodiagnostischen Prüfung der Sinnesorgane 332
A. Elektrodiagnostik des Auges 332
Pathologische Befunde . . . 333
B. Elektrodiagnostik des Gehörorgans 334
Pathologische Befunde 336
C. Elektrodiagnostik des Geschmacksorgans . . . 339
Pathologische Befunde 340
D. Elektrodiagnostik des Geruchsorgans . . . 340

III. Elektrotherapie.

Allgemeiner Theil 344
Elektrotherapeutische Methoden 347
Die localisirte Elektrisation 347
Die allgemeine Elektrisation 352
Die permanent wirkenden Ketten . . . 355
Das elektrische Bad 357
Combinationen des elektrischen Bades mit andersartigen Einwirkungen . . . 364
Die Franklinisation oder die Anwendung der statischen Elektricität 365
Von der Dosirung der Stromstärke, der Dauer und Häufigkeit der elektrischen Sitzungen 367
Die Heilwirkungen der Elektricität 372
Die Elektrotherapie des Centralnervensystems . . . 381
Elektrische Behandlung bei Gehirnaffectionen 385
Indicationen dazu 389
Elektrotherapie des Rückenmarks 394
Methodik der Rückenmarks-Elektrisation 395
Indicationen dazu 397
Elektrotherapie der peripherischen Nerven . . . 410
Elektrotherapie bei Lähmungen motorischer und gemischter Nerven 411
Elektrotherapie der Krämpfe . . 418
Elektrotherapie der Neuralgien 420
Elektrotherapie der Anästhesien 423
Elektrotherapie bei Störungen der vasomotorischen, secretorischen und trophischen Innervation 423

Seite

Elektrotherapie der allgemeinen Neurosen 424
Elektrotherapie der Sinnesorgane 426
Elektrotherapie der Respirationsorgane. . . . 431
Elektrotherapie des Herzens 439
Elektrotherapie des Verdauungsapparates 443
Elektrotherapie bei Krankheiten des Urogenitalapparates 448
Elektrotherapie bei Krankheiten des Bewegungsapparates 450
Elektrotherapie bei Krankheiten der Drüsen . 452

Namen- und Sach-Register 455

I.

PHYSIKALISCH-PHYSIOLOGISCHER THEIL.



Einleitung.

Der Entwicklungsgang der Elektrotherapie im Laufe der letzten zwei Decennien zeigt in der erfreulichsten Weise, was consequente Arbeit mit vereinten Kräften und nach bestimmten Zielen zu leisten vermag. Die Entwicklung der Lehre von der Anwendung des elektrischen Stroms in der praktischen Medicin ist in der That eine ungewöhnlich rasche und stetige gewesen. Aus einem wüsten Chaos von unklaren physikalisch-physiologischen Anschauungen und roh empirischen Heilversuchen hat sich die Lehre im Lauf von 30 Jahren zu einem stattlichen und soliden Bau herausgearbeitet, welcher nicht nur eine sehr wesentliche Erweiterung der Pathologie und Therapie darstellt, sondern auch vielfach fruchtbringend für die Physiologie und Anatomie gewesen ist. In letzterer Beziehung sei an die Studien über die Function der einzelnen Muskeln erinnert, welche wir Duchenne's Methode der Localisirung des elektrischen Stroms verdanken, ferner an die Untersuchungen über das Verhalten der motorischen Nerven zu den Muskeln und zur Körperoberfläche, über die Folgen der Nervenverletzungen für die histologischen und vitalen Eigenschaften des Nerven, der motorischen Endplatte und des Muskels, an die Studien über die durch elektrische Reizung der Centralorgane des Nervensystems, des Sympathicus, des Acusticus, des Phrenicus u. A. hervorgebrachten Phänomene, über die Reaction der visceralen Organe auf den elektrischen Strom, an den Nachweis der Wärmeproduction durch die Muskelcontraction.

Eine weit reichere Fülle wichtigen und interessanten Materials ist aber für die Pathologie und Therapie des Nerven- und Muskelsystems zu Tage gefördert. Nicht nur für das Verständniss mancher bis jetzt dunkler pathologischer Erscheinungen haben die elektrischen Studien wichtige Anhaltspunkte geliefert; sie haben auch der Dia-

gnostik der Nerven- und Muskelkrankheiten neue Methoden und im Allgemeinen einen höheren Grad von Sicherheit verliehen und die Therapie dieser Affectionen vollständig umgestaltet — Leistungen, welche um so schwerer wiegen, je unzulänglicher sich bis dahin gerade diese Gebiete der ärztlichen Forschung erwiesen hatten.

Die sich täglich mehrende Zahl der Arbeiter, welche sich diesen Studien mit Eifer hingeben, bürgt dafür, dass auf dem betretenen Wege rüstig fortgeschritten werde. Ein wesentliches Hinderniss indessen droht einer soliden Fortentwicklung hemmend in den Weg zu treten. Je mehr sich nämlich die Elektrotherapie in Folge der wachsenden Ausdehnung ihres Gebietes zu einer Specialität herausbildet, um so grösser ist die Gefahr, dass ihr Gedeihen unter jenem therapeutischen Enthusiasmus leide, welcher bei Specialisten ebenso häufig als erklärlich ist. Hüten wir uns vor diesem Enthusiasmus, welcher das Urtheil trübt und zu einer Quelle einseitiger Auffassung der Erscheinungen wird, welcher nur zu geneigt ist, zweifelhafte Heilresultate für sichere zu nehmen und aus ihnen rückschliessend Hypothesen aufzubauen. Diese Richtung führt auf Abwege. Nüchterne klinische Forschung, vor allem grösste Vorsicht in der Beurtheilung therapeutischer Erfolge, eine vorurtheilsfreie Controle des klinisch Beobachteten durch die Section und durch das Experiment, sorgfältige Ausbildung der Methoden und stete Fühlung mit den physikalischen und physiologischen Wissenschaften, das ist der Weg, der allein eine gesunde weitere Entwicklung dieses vielversprechenden jungen Zweiges unserer Wissenschaft verbürgt.

Historisches.

Die Anwendung des elektrischen Stroms in der praktischen Medicin datirt in ihren ersten Versuchen weit zurück. Seit der Construction der Elektrisirmaschine und der Leydener Flasche, und mehr noch seit der Entdeckung der Berührungselektricität und der Construction der Volta'schen Säule sind die verschiedenartigsten Versuche angestellt, das neuentdeckte Agens zu Heilzwecken zu benutzen. Trotz des grossen Fleisses und der Ausdauer der einzelnen Forscher, von denen nicht nur Praktiker, wie de Haën, Mauduyt, Hufeland und Grapengiesser, sondern auch Naturforscher, wie Humboldt, Ritter und Bichat die weittragende Bedeutung dieser Entdeckungen für die Heilkunde erkannten, blieben die Resultate sehr unbefriedigend. Die grossen technischen Schwierigkeiten, welche sich der Anwendung des Galvanismus in grösserem Massstabe entgegenstellten, scheinen die Mehrzahl der Aerzte von weiteren Versuchen abgeschreckt zu haben.

Erst Faraday's Entdeckung der Inductionsphänomene und die derselben folgende Herstellung von Apparaten, welche sich zum ärztlichen Gebrauch eigneten, gab den Anstoss zu einem neuen Aufschwung. Die im Anfang der dreissiger Jahre construirten magnetelektrischen Rotationsmaschinen wurden mit Freude begrüsst und fanden rasch eine ziemlich grosse Verbreitung; dieselben genügten aber einerseits dem Bedürfnisse in vieler Beziehung nicht, andererseits fehlte es an einer zweckmässigen und wissenschaftlichen Methode ihrer Anwendung.

Der Name, an den sich der Beginn einer neuen Epoche knüpft, welche die der wissenschaftlichen Anwendung der Elektricität in der praktischen Medicin genannt zu werden verdient, ist der von Duchenne de Boulogne. Die Methode der Localisirung

des elektrischen Stromes, welche Duchenne fand, ist die Basis, auf welche alle nachfolgenden Arbeiter sich gestellt haben; durch sie wurde erst eine wissenschaftliche Behandlung der Elektricitätsfrage in der praktischen Medicin überhaupt möglich.

Die Methoden der Elektrisirung des menschlichen Körpers, welche Duchenne vorfand, als er in den vierziger Jahren seine Studien begann, waren höchst primitiv. Man leitete entweder den Funken der Elektrisirmaschine oder der Leydener Flasche auf den leidenden Körpertheil über. oder man berührte und bestrich die Körperoberfläche mit metallenen Platten oder Kugeln, welche durch Leitungsschnüre mit einem magnet-elektrischen Rotationsapparate oder einer Volta'schen Säule in Verbindung standen. Duchenne schuf sich erst durch die Construction eines zweckmässigen volta-elektrischen Inductionsapparates die Möglichkeit, jene fruchtbringenden Untersuchungen anzustellen, welche bei der seltenen Ausdauer und dem ernsten wissenschaftlichen Streben dieses Forschers sowie bei dem reichen Material, welches ihm seine Praxis und die Pariser Hospitäler zur Beobachtung stellten, glänzende Resultate haben mussten.

Duchenne trat gegen Ende der vierziger Jahre mit seinen ersten Arbeiten vor die Oeffentlichkeit. Seine neue Methode, den elektrischen Strom auf bestimmte, selbst tiefliegende Organe des Körpers zu localisiren, legte er schon 1847 in einer Note an die Akademie der Wissenschaften nieder, welche im Jahre 1850 veröffentlicht wurde [1]).

Diese Arbeit bildet die Basis aller seiner späteren Leistungen. Sie enthält die einfache und doch so wichtige Thatsache, dass man den elektrischen Strom auf bestimmte Punkte unter der Haut localisiren könne, wenn man die Spitzen der Stromgeber mit feuchtem Leiter umgäbe und dieselben oberhalb des zu reizenden Organes kräftig auf die Haut aufsetze [2]).

Dieser ersten Entwicklung seiner Methode folgte nun eine grosse Anzahl von Detailarbeiten sowohl anatomisch - physiologischen als

---

[1]) Exposition d'une nouvelle méthode de galvanisation, dite galvanisation localisée. Archives générales de médecine, Juillet et Août 1850, Fevrier et Mars 1851.

[2]) „La peau et les excitateurs sont-ils très humides on n'observe ni étiucelles, ni crépitation, ni sensation de brûlure; mais on obtient des phénomènes de contractilité ou de sensibilité très-variables, suivant qu'on agit sur un muscle ou sur un faisceau musculaire, sur un nerf ou sur une surface osseuse" (l. c. p. 259).

pathologischen und therapeutischen Inhalts, welche im Jahre 1855 von dem Autor gesammelt herausgegeben wurden[1]).

Die deutsche Medicin nahm sehr früh Notiz von Duchenne's Leistungen. Jaksch[2]) und Richter[3]) machten schon 1853 in ihren Reiseberichten auf dieselben aufmerksam, Remak wurde um dieselbe Zeit durch die überraschenden Demonstrationen Duchenne's, vorzüglich durch die localisirte Faradisirung der einzelnen Muskeln zu eigenen Untersuchungen angeregt, deren Resultate er mehrere Jahre später veröffentlichte[4]). M. Meyer[5]) adoptirte in seinem verdienstvollen Buche die Duchenne'sche Methode und Erdmann[6]) in Dresden lieferte von dem Duchenne'schen Werke etwas später eine Bearbeitung für das deutsche ärztliche Publicum.

Sehr förderlich für die Sache waren die schon erwähnten Remak'schen Untersuchungen und die Polemik desselben gegen Duchenne in Betreff der Methode der localisirten Faradisirung[7]). Remak hatte sich sowohl bei den Duchenne'schen Demonstrationen als auch durch das Studium des Duchenne'schen Werkes überzeugt, dass derselbe die Contractionen der Muskeln vornehmlich durch Aufsetzen der Stromgeber auf die Muskelmasse selbst erziele. Dieses Verfahren nennt Duchenne Faradisation musculaire directe und stellt demselben die Faradisation musculaire indirecte, d. h. die Erregung von Muskelcontractionen durch Reizung eines motorischen Nervenstammes oder -Astes gegenüber. Allein das letztere Verfahren empfahl Duchenne, wenigstens Anfangs, nur für Ausnahms-

[1]) De l'électrisation localisée et de son application à la Physiologie, à la Pathologie et à la Therapeutique par le Docteur G. B. Duchenne (de Boulogne). Paris. J. Baillière. 1855. II. Edit. 1861. III. Edit. 1870.

[2]) Prager Vierteljahrsschrift 1853. Bd. III. S. 187.

[3]) Schmidt's Jahrbücher 1853. Bd. 80. S. 265.

[4]) R. Remak, Ueber methodische Elektrisirung der Muskeln. Berlin 1855. II. Aufl. 1856.

[5]) Moritz Meyer, Die Elektricität in ihrer Anwendung auf praktische Medicin. Berlin 1854. IV. Aufl. 1883.

[6]) B. A. Erdmann, Die örtliche Anwendung der Elektricität in der Physiologie, Pathologie und Therapie, mit Zugrundelegung von Duchenne de Boulogne, de l'électrisation localisée etc. Leipzig 1856. IV. Aufl. 1877.

[7]) Die Bezeichnungen Faradismus, Faradisation, welche Duchenne für die Anwendung des inducirten elektrischen Stroms zu Ehren Faraday's, des Entdeckers der Inductionsphänomene, vorgeschlagen hat, empfehlen sich durch Kürze und Prägnanz und haben in Deutschland Bürgerrecht gewonnen. Etymologisch richtiger, aber unbequem auszusprechen wäre Faradayisation, Faradayisiren.

fälle. Remak wies nun in der bereits erwähnten Brochüre nach, dass es, um einen Muskel zur completen Contraction zu bringen, viel zweckmässiger sei, dessen motorischen Nerven zu reizen, als den Strom auf die Muskelsubstanz selbst einwirken zu lassen. Im letzteren Falle bedürfe man nämlich eines starken Stromes, um eine complete Contraction aller Bündel des Muskels zu erzielen, und es sei dadurch die Procedur sehr schmerzhaft, während man durch Reizung des motorischen Nerven den entsprechenden Muskel schon mit einem schwachen und deshalb viel weniger schmerzhaften Strome zur Verkürzung bringen könne. Die von Duchenne empirisch gefundenen points d'élection, von denen aus die Muskelcontraction durch den faradischen Strom besonders leicht gelänge, sind nach Remak die Eintrittsstellen der motorischen Nerven an den Muskeln, welche Duchenne bei der Faradisirung der Muskeln gereizt habe, ohne sich des anatomischen Zusammenhangs genügend bewusst zu sein. Remak erhob für die Methode der Faradisation localisée die Reizung der motorischen Nerven zum Princip und setzte an die Stelle der von Duchenne gewählten Ausdrücke, directe und indirecte Faradisirung der Muskeln, die Bezeichnungen intramusculäre und extramusculäre Reizung motorischer Nerven. Remak wollte mit dieser Bezeichnung zugleich die Erzielung von Verkürzungen der Muskelsubstanz durch Vermittelung einer der Muskelfaser als solcher eigenthümlichen und vom Nerveneinflusse unabhängigen Irritabilität, der sog. Haller'schen Muskelirritabilität, welche er für unerwiesen und unwahrscheinlich hielt, ganz ausschliessen.

Die Polemik zwischen Remak und Duchenne[1]) hat heute wenig Interesse mehr für uns; dagegen ist dieselbe insofern von Bedeutung gewesen, als sie viel zur Klärung der Anschauungen über die Principien der Duchenne'schen Methode beigetragen, weitere Untersuchungen auf deutscher Seite angeregt und so zu der Einbürgerung der Duchenne'schen Methode und zu dem Aufschwunge der Elektrotherapie überhaupt wesentlich mitgewirkt hat.

Durch die erwähnte Polemik, sowie durch die Lecture des Duchenne'schen Werkes auf die hohe Bedeutung der Duchenne'schen

---

[1]) Remak, Ueber methodische Elektrisirung gelähmter Muskeln. 2. Auflage. 1856. — Duchenne in Schmidt's Jahrbüchern d. gesammten Medicin, Band LXXXIX. 1856. S. 250, und in De l'électrisation localisée etc. Edit. III. p. 175 ff.

Entdeckung aufmerksam gemacht, begann ich im Jahre 1855 meine Studien über die Anwendung der Elektricität in der Medicin, deren erste Resultate im Jahre 1857 an die Oeffentlichkeit traten. Ich hatte mir zunächst die Aufgabe gestellt, einerseits der Duchenne-schen Methode der Faradisation localisée durch Untersuchungen an der Leiche eine ins Detail gehende anatomische Basis zu schaffen und dieselbe durch physikalisch-physiologische Versuche zu erweitern, andererseits der neuen Methode durch eine Darstellung der anatomischen Verhältnisse sowie durch eine praktische Anweisung zur Ueberwindung der technischen Schwierigkeiten Eingang bei den Aerzten zu verschaffen.

Insbesondere war zunächst der schon von Remak urgirte Mangel anatomischer Untersuchungen über die Eintrittstellen der motorischen Nerven an den Muskeln und über das Lageverhältniss derselben zur Hautoberfläche zu beseitigen. Den Verlauf der motorischen Nerven ausserhalb und innerhalb der Muskeln festzustellen und diejenigen Punkte und Linien, an denen die Nerven oberflächlich und dem elektrischen Strome erreichbar verliefen, auf die Körperoberfläche zu projiciren, erschien mir als die nächste und wichtigste Aufgabe.

Ich benutzte zur Erreichung dieses Zieles zwei Wege. Einerseits verfolgte ich an Leichen den Verlauf der motorischen Nerven und stellte die Punkte ihres Eintrittes in die Muskeln und ihren Verlauf in den letzteren mit steter Rücksicht auf ihre Entfernung von der Körperoberfläche und ihr Lageverhältniss zu derselben fest. Andererseits verfolgte ich an Lebenden mit der Elektrode die sensiblen und motorischen Nerven und suchte die Randpunkte an den Muskeln, welche dem Eintritte der motorischen Nerven entsprechen, oder sonstige Stellen auch innerhalb des Muskels, durch deren Reizung sich eine Verkürzung des Muskels besonders prompt und leicht erzielen liess, auf — mit einem Worte, ich constatirte die sog. motorischen Punkte und fixirte dieselben mit Lapis auf der Haut.

Besonders instructiv war folgendes Verfahren, welches eine direkte Controle des elektrischen Versuches durch das anatomische Messer ermöglichte. Ich suchte bei Todescandidaten, z. B. Phthisikern, die wichtigsten motorischen Punkte auf, fixirte dieselben mit Höllenstein auf der Haut und überzeugte mich nach erfolgtem Tode von der Lage der Nerven und Muskeln zu den während des Lebens gefundenen motorischen Punkten und Strichen. Eine ähnliche Controle konnte ich auch mehrmals bei Selbstmördern ausführen, welche unmittelbar

nach dem Tode in das Krankenhaus gebracht wurden, und deren Nerven- und Muskelerregbarkeit sich je nach der Todesart oft Stunden lang erhielt.

Diese meine Untersuchungen ergaben nun, dass die von Duchenne empirisch gefundenen Wahlpunkte in der That mit den motorischen Punkten Remak's identisch seien und dem oberflächlichen Verlaufe von motorischen Nerven ausserhalb oder innerhalb seines Muskels entsprächen. Es handelt sich hier aber durchaus nicht immer blos um die Eintrittsstellen der Nerven, resp. um Randpunkte, wie Remak, dessen Versuche sich nur auf einzelne Muskeln mit ziemlich freiliegendem marginalem Nerveneintritt (Cucullaris, Sternocleidomastoideus, Biceps, Gesichtsmuskeln) erstreckt zu haben scheinen, solche für sämmtliche Muskeln der Körperoberfläche zu statuiren sich berechtigt glaubte, sondern es handelt sich um alle die Punkte, an denen der betreffende motorische Nerv ausserhalb oder innerhalb des Muskels oberflächlich genug verläuft, um vom elektrischen Strome erreicht zu werden. So lassen sich zu den meisten Gesichtsmuskeln, zu den Cucullares, zum Vastus internus u. A. die betreffenden motorischen Zweige auf die Länge von mehreren Zollen mit der Elektrode verfolgen. Auf dieser ganzen Strecke ist jeder einzelne Punkt in Bezug auf die Erregung einer Muskelcontraction durch isolirte Faradisirung dem Randpunkte gleichwerthig. Andererseits findet man Muskeln, innerhalb derer der betreffende motorische Nerv so nahe der Oberfläche kommt, dass er mit dem Strome erreicht werden kann, z. B. an den schiefen und den queren Bauchmuskeln. Endlich gibt es dicke Muskeln, bei denen, wenn sie nicht aussergewöhnlich mager sind, der motorische Nerv überhaupt nicht im Ganzen, sondern nur in seinen feineren Ausbreitungen gereizt werden kann, weil der Stamm von der Tiefe her, also von der Elektrodenspitze durch eine sehr dicke Lage stromableitender Muskelsubstanz getrennt, in den Muskel eintritt (Deltoidei, Glutaei u. A.). Endlich werden manche Muskeln von zwei oder mehr Bewegungsnerven versorgt und würden also zur Erzielung einer completen Contraction auf extramuskulärem Wege eine entsprechende Vervielfältigung der Elektroden erfordern, so z. B. alle Bauchmuskeln, manche Rückenmuskeln u. A. Hier liegt nun freilich die Möglichkeit der Erzielung des gewünschten Effektes durch Vervielfältigung oder Spaltung der Stromgeber vor; allein die Umständlichkeit einer Reizung mit vielen Elektroden nöthigt uns, für gewöhnlich von einem solchen

Verfahren Abstand zu nehmen und uns mit der direkten Reizung der Muskelsubstanz, resp. der in ihr enthaltenen feineren Verzweigungen des Nerven zu begnügen. Wir werden also hiernach besser thun, die von Duchenne gewählten Bezeichnungen: direkte und indirekte Muskelfaradisirung und -Galvanisirung beizubehalten, um so mehr, als die Möglichkeit der Erzielung von Muskelverkürzungen durch blosse Erregung der specifischen Muskel-Irritabilität (bei gänzlichem Ausschlusse des Nerveneinflusses) mittelst des elektrischen Stromes nach den Curare-Versuchen von Claude Bernard und Kölliker, nach den Experimenten von Kühne und Brücke, endlich nach den klinischen und experimentellen Beobachtungen von Erb sowie von mir und Weiss, nach welchen sich die Muskel-Irritabilität für galvanische Ströme nach Quetschung oder Durchschneidung von Nervenstämmen Monate lang trotz vollständiger Degeneration der peripherischen Nervenröhren erhält, nicht mehr bezweifelt werden kann.

Soviel über die Genese und Entwicklung der Duchenne'schen Methode der localisirten Faradisation bis zum Jahre 1858. Seit dieser Zeit hat sie, ohne wesentliche Veränderungen zu erfahren, nicht aufgehört, einen fruchtbringenden Einfluss auf die Entwicklung der Elektrotherapie zu üben — hat sie doch auch zu der Wiederbelebung der Galvanotherapie durch R. Remak mittelbar den Anstoss gegeben — und nicht minder auch auf dem Gesammtgebiet der Physiologie und Pathologie des Nervensystems und des Bewegungsapparates belehrend und anregend gewirkt. So hat sich Duchenne's Methode als eine unerschöpfliche Quelle theoretisch und praktisch wichtiger Thatsachen bewährt; sein Fundamentalwerk aber, dessen 3. Auflage er in Paris unter dem Donner der Geschütze der deutschen Belagerungsarmee niedergeschrieben hat, ist heute noch eine Fundgrube reicher Beobachtungen und genialer Ideen.

Wenige Jahre, nachdem die thermische Wirkung des galvanischen Stromes durch Crussel[1]) und vorzüglich durch Middeldorpf[2]) für

[1]) G. Crussel, Mein physikalisches Heilverfahren. Medicinische Zeitung Russlands 1848. No. 17. S. 136 und No. 50, S. 393.

[2]) A. Th. Middeldorpf, Die Galvanocaustik, ein Beitrag zur operativen Medicin. Breslau 1854.

die Chirurgie nutzbar gemacht war, wurde derselbe Strom durch Remak wegen seiner physiologischen Wirkungen auch in die innere Medicin wieder eingeführt. Remak's Genialität, seine unbegrenzte Hingebung und rastlose Thätigkeit für die Sache, der er die letzten 10 Jahre seines Lebens widmete, hat dem Batteriestrom in relativ kurzer Zeit einen überraschend grossen und segensreichen Wirkungskreis eröffnet.

Seine ersten Publicationen über diesen Gegenstand erschienen im Jahre 1856. Ihnen folgte eine grosse Reihe von Journal-Artikeln, welche man in dem 1858 erschienenen Hauptwerke[1]) noch einmal abgedruckt findet.

Die letzte Publication Remak's umfasst die von ihm im Jahre 1864 in Paris gehaltenen und nicht lange vor seinem Tode erschienenen Vorträge über die Behandlung der Neurosen mittelst des constanten Stromes[2]). Sie enthalten in Kürze die wichtigsten Erfahrungen und Lehrsätze Remak's und zeichnen sich sowohl durch grössere Unbefangenheit in der Beurtheilung pathologischer Zustände und therapeutischer Erfolge, als auch durch grössere Klarheit des Ausdruckes vor den früheren Arbeiten aus.

Seit Remak's Tode (1865) ist das Interesse an den Studien über die physiologischen und therapeutischen Wirkungen des constanten Stromes fortdauernd im Steigen gewesen. Die Zahl der Arbeiter auf diesem Gebiete — vorwiegend deutscher Nationalität — hat sich von Jahr zu Jahr vermehrt. Neue Bahnen für die Forschung haben sich aufgethan und neue Fragestellungen haben wiederum neue und überraschende Gesichtspunkte ergeben. So sind wir seit Remak's Tode also in den letzten 20 Jahren ein gutes Stück vorwärts gekommen und können mit Befriedigung auf diesen Zeitraum zurückblicken. Die Aufgaben der medicinischen Elektricität haben sich bedeutend erweitert, ihre Bedeutung nach der physiologischen wie diagnostisch-therapeutischen Seite hin hat sich je länger um so grösser herausgestellt und die Stellung der jungen Disciplin im Kreise ihrer Schwestern ist vermöge der wissenschaftlichen Methode ihrer Forschung und der imponirenden Reichhaltigkeit der erzielten Erfolge eine hochangesehene geworden.

---

[1]) R. Remak, Galvanotherapie der Nerven- und Muskelkrankheiten. Berlin 1858. S. 207 ff.

[2]) Application du courant constant au traitement des nevroses. Leçons faites à l'hôpital de la Charité par le professeur Remak. Paris, Germer Baillière 1865. 41 pag.

Ich sehe davon ab, den Einfluss der einzelnen Mitarbeiter auf die heutige Gestaltung der Elektricitätslehre zu charakterisiren. Nur eines Mannes will ich gedenken, den bereits die Erde deckt, dessen Name in der Geschichte der Elektrotherapie während der letzten zwei Decennien leuchtend hervortritt. Rudolf Brenner hat seine beste Kraft an die Lösung einiger der vielen Probleme gesetzt, welche Remak aufgestellt und ungelöst hinterlassen hat. In ihm vereinigte sich energischer Fleiss mit Ideenreichthum, kritischem Urtheil und aussergewöhnlicher Beobachtungsgabe. Seine zwei Bände „Untersuchungen und Beobachtungen aus dem Gebiete der Elektrotherapie" (Leipzig 1868—69) sind in vieler Beziehung mustergültig für die Methode des Untersuchens, des Beobachtens und des Schliessens aus dem Experimente und der klinischen Beobachtung. Mit kritischer Schärfe und der Entrüstung der Ueberzeugungstreue trat er denen entgegen, die nach seiner Meinung den Weg wissenschaftlicher Forschungsmethode zu verlassen und der Würde und dem Ansehen der Disciplin zu schaden drohten: eine ächte deutsche Gelehrtennatur!

Bis zu einem gewissen Grade erschwerend für die weitere Entwickelung der Elektrotherapie und ihre Verbreitung in der ärztlichen Praxis sind einerseits die immer zunehmende Schwierigkeit der Technik und die hohen Anforderungen, welche die heutige Elektrodiagnostik an die Geduld und Zeit des Arztes stellt, andererseits die fast erdrückende Fülle der literarischen, besonders casuistischen Produktionen geworden. In letzterer Beziehung erscheint es dringend nöthig, dass von Zeit zu Zeit eine Rundschau über das ganze erworbene Gebiet gehalten und das Ergebniss in möglichster Kürze und Prägnanz literarisch niedergelegt werde — von diesem Gesichtspunkte aus habe ich mich zu einer Neuauflage dieses Werkchens veranlasst gefunden —; in Hinsicht auf die Beherrschung der Technik und die Gewöhnung an die immerhin complicirten Untersuchungsmethoden muss vor Allem Seitens des höheren Unterrichtes und der wissenschaftlichen Institute geholfen werden, damit die Methoden dem jungen Arzte schon während seiner Lehrzeit in Fleisch und Blut übergehen und derselbe nicht erst, wenn er bereits in der Praxis steht, mit primitiven Vorkenntnissen und Fertigkeiten an das Studium der Phänomene herantritt. Auch in dieser Beziehung, scheint es, kann man getrost in die Zukunft blicken.

Physiologische Vorstudien.

Von dem Stromlauf im menschlichen Körper und von dem Leitungswiderstande der Gewebe.

Die Gesetze, nach welchen die Verbreitung des elektrischen Stromes durch den menschlichen Körper vor sich geht, sind erst in den letzten Jahrzehnten Gegenstand genaueren Studiums geworden. Bis dahin waren die physiologischen Vorlagen über diese Frage ziemlich dürftig; mancher Irrthum hat sich bis in die neueste Zeit fortgeschleppt, manche Unklarheit besteht noch jetzt und harrt der Aufklärung. Heutzutage ist diese Frage Dank der Theilnahme der Physiker und Physiologen [1]) an unseren Arbeiten als in allen wesentlichen Punkten geklärt zu betrachten.

Der menschliche Körper stellt einen ungleichmässig geformten und aus verschiedenartig leitenden Geweben zusammengesetzten Elektricitätsleiter dar. Wird derselbe in die Kette eingeschaltet, so verbreitet sich der elektrische Strom durch den ganzen Leiter. Allein die Vertheilung ist keine gleichmässige. Einerseits bieten die einzelnen Gewebe einen verschiedenen

---

[1]) Rosenthal, Elektricitätslehre für Mediciner. Berlin 1862, II. Aufl. 1869, IV. Aufl. Rosenthal & Bernhardt 1884. — Zech, Die Physik und die Elektrotherapie. Tübingen 1875. — Beetz, Grundzüge der Elektricitätslehre. Zehn Vorlesungen, gehalten vor den Mitgliedern des ärztlichen Vereins in München. Stuttgart 1878. — Diese Gelehrten haben um die wissenschaftliche Entwicklung der Elektrotherapie grosse Verdienste. Ihnen sowie A. v. Humboldt, Du Bois-Reymond, Helmholtz, Kohlrausch, Munck, Filehne, Stöhrer, Edelmann u. A. ist die Elektrotherapie zu grossem Danke verpflichtet.

Widerstand dar, andererseits ist auch die Stromdichte an den verschiedenen Querschnitten des Leiters eine sehr verschiedene.

Was zunächst die **Stromdichte** anlangt, so ist dieselbe am bedeutendsten an den Punkten des menschlichen Körpers, an denen der Strom ein- und austritt, sie ist schon unendlich viel geringer auf der zwischen diesen beiden Punkten gelegenen geraden Verbindungsbahn und nimmt mit der weiteren Entfernung von dem Ein- und Austrittspunkte und der dieselben verbindenden geraden Linie äusserst rasch ab. Da nun also der Strom sich mit dem Aufsetzen der Elektroden auf die feuchte Haut sofort durch den ganzen Körper verbreitet — gleichviel, ob ein constanter oder inducirter Strom eingeleitet wird, so kann man, streng physikalisch genommen, den elektrischen Strom gar nicht auf einzelne Regionen des Körpers beschränken. Allein insofern der Strom für gewöhnlich nur an der Ein- und Austrittsstelle eine zur Erzielung physiologischer Wirkungen hinreichende Dichtigkeit besitzt, kann man vom praktischen Standpunkte aus ganz wohl von einem Localisiren des Stromes sprechen.

Dasselbe gilt von der **Stromrichtung,** resp. von der Möglichkeit, dem Strome einen bestimmten Weg anzuweisen. Auf der geraden Linie, welche man sich vom Ein- zum Austrittspunkte gezogen denkt, ist die Stromdichte zwar schon eine unendlich viel geringere als an der Ein- und Austrittsstelle, und bei der Anwendung gewöhnlicher Stromstärken nicht mehr hinreichend, um Reizungserscheinungen auszulösen, aber immerhin viel grösser als im übrigen Körper. Steigert man nun die Stromstärke am Apparat beträchtlich oder wählt man einen Körpertheil, in welchem sich nervöse Apparate von aussergewöhnlicher Erregbarkeit oder Leitungsfähigkeit (Gehirn, Retina) befinden, so wird die Stromdichte auf der direkten Verbindungslinie zwischen beiden Polen noch ausreichend sein, um physiologische Wirkungen zu entfalten, und diese werden um so intensiver ausfallen, je grösser die Stromintensität, je kürzer zwischen beiden Polen die Bahn, je besser die Leitungsfähigkeit derselben, je grösser endlich die Erregbarkeit der in Mitten gelegenen Organe ist. Dies lässt sich am besten bei der Durchleitung von Batterieströmen durch den Kopf oder Hals demonstriren. An den übrigen Körpertheilen werden nur selten so rel. hohe Stromstärken angewendet, und finden sich auch nicht so reizbare Organe, dass man physiologische Erscheinungen an anderen Orten als an den Ein- nnd Austrittspunkten hervorrufen könnte. Bei

der Einleitung von Inductionsströmen beobachtet man nur an den Polen Reizungserscheinungen und es lässt sich deshalb die Möglichkeit des Localisirens mit dem Inductionsstrome am frappantesten demonstriren.

Es kommt also bei der Localisirung wesentlich darauf an, dass der Strom, wenn er das zu treffende Organ, z. B. einen Nervenstamm, erreicht, noch die zur Reizung erforderliche Dichte besitzt, mit anderen Worten, dass sich zwischen Haut und Nerv nicht ein besser leitendes Gewebe von grossem Querschnitt befindet, welches den beim Durchgang durch die Haut auf einen relativ kleinen Raum zusammengedrängten Strom rasch in zahlreiche Curven auflöst. Im letzteren Falle würde der Nerv nicht mehr von der Summe, sondern nur von einem aliquoten Theile der Stromfäden getroffen werden, welcher nicht mehr die zur Reizentfaltung erforderliche Dichte besitzt.

Anders dagegen gestaltet sich die Sache, wenn man durch kräftiges Aufdrücken der Elektroden auf die Haut die darunter gelegenen Weichtheile comprimirt und damit die Entfernung des Nerven von der Stelle der Hautoberfläche, an welcher der Nerv eintritt, vermindert, und zugleich die zwischen der Elektrode und dem Nerven gelegenen Widerstände zu einem Widerstande vereinigt und die gut leitenden Flüssigkeiten verdrängt. Nunmehr wird der Strom, nachdem er die zu einem Widerstande vereinigten Gewebe der Oberfläche, nämlich Epidermis, Corium, Panniculus, Fascien, Muskellagen auf einmal durchbrochen hat, den darunter gelegenen Nerven noch mit einer zur Erregung ausreichenden Dichte treffen. So verhält es sich mit der Localisirung des elektrischen Stromes im Allgemeinen.

Von dem Leitungswiderstande der Gewebe und Organe im Allgemeinen.

Die ersten Angaben über das Verhalten des menschlichen Körpers als elektrischen Leiters stammen von Ritter[1]), welcher im Anfange dieses Jahrhunderts aussprach, dass der menschliche Körper, mit den Metallen verglichen, einen bedeutenden Leitungswiderstand darbiete, und dass insbesondere die trockenen Horngebilde (Epidermis, Nägel, Haare) einen enormen Leitungswiderstand besässen.

Diese Angabe Ritter's wurde in den dreissiger Jahren von

[1]) J. W. Ritter, Beiträge zur näheren Kenntniss des Galvanismus. 1805.

Ed. Weber[1]), Pouillet[2]), Lenz und Ptschelnikoff[3]), und Person[4]) bestätigt. Weber fasste seine Ansicht dahin zusammen, dass der thierische Organismus nur als ein von warmer salzhaltiger Flüssigkeit durchströmter Körper und als solcher nach Entfernung der Epidermis 10—20 Mal besser leite, denn kaltes destillirtes Wasser.

Matteucci[5]) ging einen Schritt weiter, indem er die Leitungswiderstände der einzelnen Gewebe, insbesondere der Muskeln und Nerven gesondert zu erforschen und mit einander zu vergleichen suchte. Er kam zu dem Resultat, dass die Leitungsfähigkeit der Muskeln viel besser sei als die der Nerven, des Rückenmarks und des Gehirns, welche nicht erheblich unter sich differirten; dass die erstere sich zu der letzteren verhalte wie 4 : 1.

Schlesinger[6]), der die Untersuchungen von Mateucci wiederholte, fand die Differenz der Leitungsfähigkeit zwischen Muskel und Nervensubstanz etwas geringer (8 : 3). Ferner bemerkte er, dass der Leitungswiderstand der Knochen dem der Nerven gleichstehe und bestätigte von Neuem, dass Epidermis, Haare und Nägel die schlechtesten, die thierischen Flüssigkeiten dagegen die besten Leiter im Körper seien.

Eckhard[7]) nahm die Frage von Neuem auf. Er experimentirte mit einer besseren Methode als seine Vorgänger, indem er vorzüglich die Einflüsse der Polarisation zu vermeiden suchte. Eine vergleichende Untersuchung der Muskeln, Sehnen, Nerven und Knorpel ergab nun zwar kein constantes Verhältniss, welchen Umstand Eckhard auf den wechselnden Gehalt der todten Gewebe an Wasser zurückführte, dagegen glaubte er sich berechtigt zu dem Ausspruch, dass die Muskelsubstanz vorläufig als das bestleitende Gewebe im Körper angesehen werden müsse, wenn auch die Differenz im Leitungswiderstande lange nicht so bedeutend sei, als sie Schlesinger und Matteucci

---

[1]) Ed. Weber, Quaestionis physiologicae de phaenomenis galvanomagneticis in corpore humano observatis. Lipsiae 1836.

[2]) Pouillet, Compt. rend. 1837. p. 785. 22. Mai.

[3]) Lenz und Ptschelnikoff, Poggendorf's Annalen 1842. Bd. 56. S. 429.

[4]) Person, Sur l'hypothèse des courants électriques dans les nerfs. Journal de Physiologie experimentale 1830. T. X. p. 21.

[5]) Compt. rend. 1843, p. 197. 23. Janvier. — Traité des Phénomènes electrophysiologiques des animaux. Paris 1844. p. 97.

[6]) Zeitschr. d. k. k. Gesellsch. d. Wiener Aerzte 1852, VII. S. 11 ff.

[7]) Beiträge zur Anatomie und Physiologie Heft 1. Giessen 1857. S. 57.

gefunden hätten. Setzte Eckhard den Leitungswiderstand der Muskeln = 1, so ergab sich der Leitungswiderstand der Sehne = 1,8—2,5, des Nerven = 1,9—2,4, des Knorpels = 1,8—2,3. Die compacte Knochensubstanz grösserer Röhrenknochen fand Eckhard 16—22 Mal schlechter leitend als die Muskeln. Eine Vergleichung dieses Verhaltens der Einzelgewebe mit ihrem Gehalt an Wasser, welcher nach den damals gültigen Angaben für den Muskel 72—78 pCt., die Sehne 62 pCt., den Knorpel 70—75 pCt., den Nerven 39—66 pCt., Knochen 3—7 pCt. (die Diaphysen) und 12—20 pCt. (die schwammigen Enden) betrug, ergab eine ziemliche Uebereinstimmung und führte zu dem ganz allgemeinen Ergebniss, dass die Leitungsfähigkeit der Gewebe proportional sei ihrem Wassergehalt.

Diese Angaben Eckhard's erscheinen aber nach neueren Versuchen nicht mehr ganz zutreffend, insbesondere scheinen die Zahlen, welche den Wassergehalt der Knochen repräsentiren und von James Stark[1]) herstammen, zu niedrig gegriffen.

Friedleben[2]) hat den Wassergehalt der Knochen von Menschen und Thieren von Neuem eingehenden Untersuchungen unterworfen und denselben, je nach der anatomischen Beschaffenheit des Knochens und dem Alter des Individuums, sehr wechselnd aber im Ganzen höher als Stark gefunden. Am wasserreichsten zeigen sich die Knochen bei Neugebornen (vom Foetus sehen wir ab), mit den Jahren werden sie trockener.

Die wichtigsten Resultate der Friedleben'schen Wasserbestimmungen, in tabellarische Form gebracht, gestalten sich folgendermassen. Es enthalten

	I. Neugebor.	II. 1.—2. Lebensj.	III. Erwachsene
Os parietale	18—29 pCt.	21—42 pCt.	14—16 pCt. Wasser
Costa	26—35	44	19—38
Corp. vertebr.	37—49	—	44—50
Diaphysis tibiae	19—24	21	10—14
Pars spongios. tibiae	36—54	64	13—37

Die Resultate der einzelnen Analysen differiren sehr erheblich unter einander, im Grossen und Ganzen zeigt sich jedoch, wie wir

[1]) Chemical constitution of the bones of the vertebrated animals. Edinburgh med. and surg. Journ. 1845, Vol. 63, p. 311.

[2]) Ueber den Werth der Wasserbestimmung des Knochengewebes in physiolog. u. patholog. Hinsicht. Archiv der Heilkunde II. S. 139 ff. 1861.

sehen, der Wassergehalt der Knochen grösser als er bisher angenommen wurde.

Allein so wichtig nun auch der Wassergehalt der Gewebe für die Leitungsfähigkeit derselben ist, so ist er doch nicht der einzige Factor, den wir zu berücksichtigen haben. Einerseits ist auch die Grösse des Salzgehaltes und die an der Peripherie doch ziemlich wechselnde Temperatur der thierischen Flüssigkeiten von Bedeutung für die Leitungsfähigkeit. Andererseits ist die histologische Beschaffenheit der wasserarmen Gewebe, vor Allem der Epidermis und der Knochen, wie schon Remak für die Epidermis und Erb für den Knochen hervorgehoben hat, insofern von grosser Wichtigkeit, als die genannten Gewebe von Flüssigkeit führenden Kanälen durchsetzt werden, welche dem Strom den Durchgang gestatten und ihn die schlecht leitenden Gewebstheile vermeiden lassen. An den Knochen bieten die vom Periost in die Rinde des Knochens sich einsenkenden Gefässkanäle, bei der Epidermis die Mündungen der Schweissdrüsen, in geringerem Grade vielleicht auch die der Haarbälge und Talgdrüsen solche Stromwege dar, die um so geeigneter zur Leitung sind, je reichlicher sie Flüssigkeit enthalten.

Die Angaben Eckhard's über den Wassergehalt der Muskeln, der Nerven und der Substanz der nervösen Centralorgane und deren Leitungsfähigkeit sind von Ranke[1]), der jene Zahlenwerthe an frischen thierischen Geweben prüfte, zu niedrig befunden worden.

Wir stellen die von Ranke gewonnenen Resultate mit denen der anderen Autoren der Uebersichtlichkeit wegen wieder in tabellarischer Form umstehend zusammen.

Aus der umstehenden Tabelle ergiebt sich, dass — von der Haut und den Knochen abgesehen — der Wassergehalt aller übrigen Gewebe, welche beim Durchgang des Stromes durch den menschlichen Körper vorzüglich in Frage kommen, so ziemlich gleich ist. Besonders wichtig ist für uns die Thatsache, dass der Wassergehalt der Nervensubstanz dem des Muskels fast gleich ist. Auch machen die im Verfolg dieses Befundes von Ranke[2]) angestellten Bestimmungen der Differenz des Leitungswiderstandes von Muskel und Rückenmark

---

[1]) J. Ranke, Der Tetanus. Leipzig 1865. S. 40 ff. und: Die Lebensbedingungen der Nerven. Leipzig 1868. S. 44.

[2]) Tetanus, S. 49.

	Mensch.			Ochs.	Hund.	Frosch.
	Erwachsener.		Neugeborner			
Blut	80,5 (E. Bischoff)		85,0 (E. Bischoff)	79,3 (Ranke)	78,9 (Ranke)	88,3 (Ranke)
Graue Gehirnsubstanz	85,0 (Lassaig.)	77,2 (Ranke)	88,6 (E. Bischoff)	87,6 (Ranke)	86,4 (Ranke)	
Weisse "	73,0 (Lassaig.)				73,0 (Ranke)	
Graue Rückenmarkssubst.	71,0 (L'Hérit.)	70,8 (Ranke)	81,8 (E. Bischoff)		87 8 (Ranke)	89,6 (Ranke)
Weisse "	65,0 (v. Bibra)				70,1 (Ranke)	
Nervensubstanz	77,0 (Ranke)	39–68 (v. Bibra)	64,5 (v. Bibra)		62,0 (Ranke)	72,3 (Ranke)
Muskel	81,2–84,8 (Ranke)		87,8 (E. Bischoff)	77,5 (Ranke)		80,5 (Ranke)
Leber	76,1 (v. Bibra)		82,5 (Oidtmann)			
Elastisches Gewebe	70,4 (Schultze)					
Bindegewebe: Fettgewebe	80,9 (Ranke)					
Bindegewebe: Cornea	75,8 (His)					
Bindegewebe: Lederhaut	57,5 (Wienholt)	79,1 (Ranke)				
Knochen. Os parietale	14–16 (Friedleben)		18–29 (Friedleben)			

es wahrscheinlich, dass das Rückenmark sogar etwas besser leite als der lebende Muskel (Verhältniss des Leitungswiderstandes des ersteren zu dem letzteren wie 1 : 1,2). Ranke zieht aus seinen Untersuchungen den allgemeinen Schluss, dass der galvanische Leitungswiderstand der verschiedenen lebenden thierischen Gewebe (die Oberhaut und die Knochen ausgenommen) nur sehr geringe Verschiedenheiten zeige.

Es darf hierbei freilich nicht übersehen werden, dass dieser Satz, wenn er auch dem praktischen Bedürfnisse im Allgemeinen genügen dürfte, doch nicht in jedem Einzelfalle den thatsächlichen Verhältnissen genau entspricht. Der Wassergehalt der Gewebe differirt nicht nur sehr erheblich je nach dem Alter des Individuums, so dass z. B. im Gehirn der Wassergehalt nach L'Héritier beim Kinde 82,7, beim Jüngling 74,2, beim Erwachsenen 72,1, beim Greis 73,8 beträgt; sondern es ist auch wahrscheinlich, dass der Wassergehalt nicht einmal in allen Muskeln ein und desselben Individuums der gleiche ist. Die Grösse des Wassergehaltes steht nämlich, wie es scheint, in um-

gekehrtem Verhältniss zur Leistungsfähigkeit der Muskeln und in gradem Verhältnisse zu der wirklich geleisteten Arbeit.

Diese Momente, obwohl theoretisch interessant genug, fallen praktisch nicht in's Gewicht. Halten wir zunächst fest, dass der Strom nach Ueberwindung des grossen Widerstandes der Epidermis resp. der Knochen alle zwischen den Polen gelegenen Organe ziemlich gleichmässig durchsetzt, dass jedoch die Stromdichte am grössten sein muss in den Geweben, welche den höchsten Wassergehalt und deshalb den geringsten Leitungswiderstand darbieten, nämlich in den Blutgefässen, den Muskeln, dem Bindegewebe und vor Allen, wie ich weiter unten nachweisen werde, in den Augäpfeln und im Gehirn.

Widerstände, welche sich auf dem geraden Wege dem Strom etwa darbieten, werden entsprechend der Grösse des Leitungshindernisses entweder umgangen oder von dem Strome, wenigstens von einem Theile desselben durchbrochen, auch wenn die Möglichkeit einer Abgleichung der Elektricität auf besser leitenden Wegen gegeben ist. Je geringer der betreffende Widerstand ist, um so unmerklicher wird die Ueberwindung desselben vor sich gehen; je grösser und nervenreicher derselbe ist, um so lebhafter werden die Reizerscheinungen an diesen Punkten zu Tage treten.

Versuche. Stellt man drei oder vier Personen so neben einander, dass sich immer je zwei mit der Dorsalfläche der Vorderarme berühren, und erhält man die Berührungsflächen durch interponirte mit warmem Wasser getränkte Schwämme feucht, so kann man, die Kette an der ersten und letzten Person schliessend, bei jeder von beiden eine Muskelcontraction erzielen, ohne dass die mittleren Personen ausser einem leisen Schmerzgefühl an der Berührungsstelle etwas von dem durchgehenden Strome vorspüren. Lässt man aber die Berührungsflächen kräftig gegen einander drücken, so treten bei Allen Contractionen der unter den Contactflächen oberflächlich verlaufenden Muskeln hinzu. Verbindet man endlich die vier Personen durch die wohl befeuchteten Volarflächen der Hände, und schliesst die Kette auf der 1. und 4. Person, so wird bei allen lebhafter Schmerz in den Handflächen und Vorderarmen und bei erheblicher Stromstärke auch Reflexcontractionen in den Beugemuskeln der ganzen Oberextremitäten eintreten.

Leitet man einen galvanischen Strom von 10—15 S. Ell. an der Schläfe der 1. und 3. Person ein, während die Verbindung mit dem Mittelgliede der Kette durch die angefeuchteten Handflächen hergestellt ist, so bemerkt No. 1 und 3 beim Kettenschluss einen deutlichen Retinablitz, während No. 2 absolut Nichts verspürt. Wird die Verbindung aber so hergestellt, dass No. 1 und 3 die Mittelperson nur mit der angefeuchteten Spitze des Zeigefingers an je einer Schläfe berühren, so nimmt auch die Mittelperson beim jedesmaligen Kettenschlusse den Retinablitz wahr.

Wir sehen also, dass der Strom die Widerstände überwindet, welche die 6—8fach eingeschaltete Epidermis und Lederhaut darbietet, dass aber dabei die in den Widerständen befindlichen Nervenelemente eine Reizung erfahren, weil sämmtliche Stromfäden, in welche sich der positive Strom nach dem Eintritt in den ersten Körper aufgelöst hat, sich an der Uebertrittsstelle zur zweiten Person zur ursprünglichen Dichte wieder zusammendrängen, um sich nach Ueberwindung des Widerstandes, welche ohne Erregung der innerhalb desselben sich befindenden Nerven nicht vor sich gehen kann, in dem zweiten Körper wieder in derselben Weise aufzulösen u. s. w.

Erb[1]) hat diesen Versuch modificirt und den Beweis geliefert, dass der Strom auch dann zu einem guten Theile dem kürzesten Verbindungswege zwischen den Elektroden folge, wenn sich auf demselben bedeutende Leitungswiderstände entgegenstellten.

Kreuzt man die Arme einer Versuchsperson so über einander, dass sich die befeuchteten Beugeflächen ungefähr 3 Zoll über dem Handgelenke berühren und lässt man nun einen Strom von 20 Elementen in die Dorsalflächen der Vorderarme vis-à-vis der Kreuzungsstelle eintreten, so entsteht nicht blos unter den Elektroden auf den Streckflächen, sondern auch an den Contactstellen der Bengeflächen Brennen, und man bemerkt nach einiger Zeit hier wie dort eine intensive, aber fleckige Röthe. Es unterliegt keinem Zweifel, dass hier der Strom zum Theil quer durch die Vorderarme geht und den Widerstand der interponirten zwiefachen Hautschicht nicht scheut.

Diese Thatsache aber, so auffallend sie auch auf den ersten Blick erscheinen mag, wird verständlicher, wenn man erwägt, dass sich auf dem längeren Wege durch die Oberarme und den Rumpf doch auch zahlreiche Widerstände darbieten, welche einzeln vielleicht weit geringer als der der doppelten Vorderarmoberhaut, zusammengenommen aber vielleicht eben so gross sein mögen als jene. Es besteht ja doch dieser längere Weg nicht aus einer gleichmässigen, ununterbrochenen Schichte gut leitenden Muskelgewebes, der Strom muss vielmehr ausser den Muskeln die Sehnen durchlaufen, die Fascien und Gefässwände durchbrechen und die Gelenke umkreisen.

Es kann aus diesem Versuche aber mit Sicherheit geschlossen werden, was auch meine weiter unten anzuführenden Versuche über denselben Gegenstand bestätigen, dass erhebliche Leitungswiderstände an den einzelnen Organen des menschlichen Körpers kein absolutes Hinderniss für das Durchfliessen des Stromes darstellen, selbst wenn

---

[1]) **Deutsches Archiv f. klin. Medicin. Bd. III. S. 246.**

sich andere vielleicht besser leitende Bahnen für die Abgleichung des Stromes darbieten, und dieser Schluss steht in vollkommener Uebereinstimmung mit dem allgemeinen physikalischen Gesetze der Stromverzweigung, welches lehrt, dass der elektrische Strom in einem verzweigten Leiter durch alle sich ihm darbietenden Wege Zweigströme sendet, deren Stärke dem Leitungswiderstande jedes einzelnen Weges umgekehrt proportional ist.

Um für den obigen Versuch Erb's vergleichbare Zahlenwerthe zu gewinnen, unternahm ich mit Hülfe der Wiedemann'schen Tangentenboussole direkte Messungen der durch die Vorderarme gehenden Stromquantitäten.

Zwei Zinkschaufeln, in welche die Drähte der Spiegelboussole ausliefen, wurden zwischen die Beugeflächen der Vorderarme applicirt und zwar derart, dass sie in ein zwischen die Hautflächen interponirtes Stück warmen feuchten Lebergewebes versenkt wurden.

Der Magnetspiegel der Wiedemann'schen Boussole gab bei Durchleitung eines Stromes von 20 Elementen durch die gekreuzten Vorderarme eines Assistenten, die Elektroden auf den correspondirenden Stellen der Streckflächen applicirt, einen Ausschlag von 36,3 °.

An der Leiche betrug bei derselben Anordnung der Ausschlag bei 10 S. Ell. = 8,5 °, bei 15 S. El. = 19,7 °, bei 20 S. El. = 28,2 °.

Löste ich nun die Vorderarme im Ellbogengelenke vollständig ab und isolirte die in der gekreuzten Stellung verbleibenden Vorderarme, so betrug der Ausschlag bei 10 El. = 15,9 °, bei 15 El. = 31,7 °, bei 20 El. = 48,5 °.

Wir können hieraus schliessen, dass bei dem obigen Versuch etwa die Hälfte der Stromcurven quer durch die Vorderarme, die andere Hälfte durch Arme und Rumpf sich abgleichen.

Von dem Leitungswiderstande der einzelnen Organe.

Wie schon aus der vorstehenden allgemeinen Betrachtung der Eigenschaften des menschlichen Körpers als Elektricitätsleiters hervorgeht, ist die Leitungsfähigkeit der einzelnen Gewebe und Organe des Körpers durchaus noch nicht mit der Genauigkeit festgestellt, welche für diagnostische Bestimmungen der normalen und pathologischen Erregbarkeitszustände in den einzelnen Nervenprovinzen gefordert werden muss, wenn sie einigermassen zuverlässig sein sollen.

Die Frage der Leitungsfähigkeit der äussern Haut steht hier in erster Linie und sie ist grade in Rücksicht auf das praktische Bedürfniss der Elektrodiagnostik, die Erregbarkeitsveränderungen an

den Nerven ziffermässig feststellen zu können, in der neuesten Zeit Gegenstand sehr eingehender Untersuchungen geworden.

Die älteren Untersuchungen über diese Frage sind schon oben erwähnt worden. Unter den Neueren waren es besonders R. Remak[1]), Runge[2]), Erb[3]), E. Remak[4]), Drosdoff[5]), Tschiriew und de Watteville[6]), welche sich mit diesem Gegenstand beschäftigten und das Ziel auf verschiedenen Wegen zu erreichen suchten. Man bemühte sich, theils absolute Widerstandszahlen zu gewinnen, theils suchte man den Forderungen der Elektrodiagnostik dadurch zu genügen, dass man relative Bestimmungen des Hautwiderstandes anstellte. Die Ersteren schalteten den menschlichen Körper mit dem Multiplicator in den Stromkreis ein, bestimmten die Ablenkung der astatischen Nadel, schalteten dann statt des Körpers den Siemens'schen Rheostaten und durch denselben soviel Widerstandseinheiten ein, bis die vorher gefundene Nadelablenkung wieder erreicht war. Die Zahl der hierzu nöthigen Widerstandseinheiten repräsentirt dann den Widerstand. Die Methode der relativen Widerstandsbestimmungen der Haut, wie sie vorzüglich Erb vom praktischen Gesichtspunkte aus cultivirt hat, beruht darauf, dass bei bestimmter, stets gleicher Stromstärke aus der Differenz der Galvanometer-Ausschläge an denjenigen Hautstellen, welche für Erregbarkeitsprüfungen eine besondere Wichtigkeit besitzen, auf entsprechende Differenzen in der Leitungsfähigkeit geschlossen wird.

Die neueste Phase dieser Frage umfasst die Untersuchungen von Gärtner[7]) und Jolly[8]), sowie einzelne Versuche von J. Rosenthal[9]). Die Basis der Versuchsanordnung bildet hier die Wheatstonesche Brücke, das Einheitsgalvanometer und (nahezu) unpolarisirbare Elektroden[10]). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lehren, dass die

[1]) Galvanotherapie, S. 80 ff.

[2]) Deutsches Archiv f. klin. Medicin. VII. S. 356. 1870.

[3]) Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. IV.

[4]) Deutsches Archiv f. klin. Medicin. XVIII. 1876.

[5]) Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. IX.

[6]) The Brain. VI. 1879.

[7]) Gärtner, Unters. über das Leitungsvermögen d. menschlichen Haut. Wiener med. Jahrbücher. S. 519. 1882.

[8]) Jolly, Unters. über den elektrischen Leitungswiderstand des menschlichen Körpers. Strassburg 1884.

[9]) Rosenthal u. Bernhardt, Elektricitätslehre für Mediciner. S. 190. 1884.

[10]) In Betreff der Details der Versuchsanordnung muss auf die Arbeiten von

Schwankungen des Leituugswiderstandes der Haut ganz colossale sind und zwar nicht blos individuell und topographisch, sondern an ein und derselben Hautstelle wahrnehmbare, je nachdem die Cutis hyperämisch oder anämisch, die Epidermis trocken oder feucht, kalt oder warm ist. Vor Allem aber repräsentirt die Widerstandsveränderung, welche der Strom selbst bei seinem Durchgange durch die Epidermis und Cutis bewirkt, ganz überraschend grosse Werthe.

In Bezug auf Geschlecht, Alter und Beruf fand Jolly, dass die Hautwiderstände bei Männern durchschnittlich etwas grösser seien als bei den Weibern, mit Ausnahme der Gesichtshaut, welche bei Männern durchweg besser leitete als bei Weibern. Altersdifferenzen im Leitungswiderstande der Haut konnte Jolly nicht nachweisen. Dagegen zeigte sich entgegen der allgemeinen Annahme eine überraschend gute Leitungsfähigkeit der Haut der Vola manus und der Planta pedis. Allerdings wird der Leitungswiderstand auch hier durch eine besondere Dicke der Hornschicht erhöht, aber trotzdem ist nach Jolly der Leitungswiderstand auch an der schwieligsten Handfläche und Fusssohle immer noch viel geringer als durchschnittlich an allen anderen Hautstellen. Jolly erklärt diesen überraschenden Befund auf die Weise, dass der durchgeleitete Strom den Widerstand an den verschiedenen Hautstellen in verschiedener Weise beeinflusst und dass die Galvanometerablesung nur ein Bild des ungleichartig geänderten, nicht aber des ursprünglich vorhandenen Widerstandes giebt.

Die bedeutende Abnahme des Leitungswiderstandes der Haut durch die Einwirkung des Stromes selbst ist schon von Remak beobachtet und von mir, Erb, E. Remak, de Watteville, Gärtner und Jolly genau studirt worden. Gärtner zeigte ziffermässig, dass die Herabsetzung des Leitungswiderstandes durch den Strom nicht nur überhaupt eine colossale sei (z. B. am Vorderarm durch einen mittelstarken Strom von 1 Minute Dauer Abminderung des Leitungswiderstandes von 260,000 S. E. auf 9800 S. E.), sondern dass dieselbe auch in überraschend kurzer Zeit zu Stande kommen könne (so wurde

---

Gärtner und Jolly verwiesen werden. Letzterer irrt übrigens, wenn er angiebt, dass die Wheatstone'sche Brücke zur Entscheidung der für die Elektrotherapie wichtigen Fragen zuerst von Gärtner angewendet wurde, indem ich bereits im Jahre 1871 die Wheatstone'sche Brücke bei den Widerstandsbestimmungen am Gehirn, Bulbus, Muskel- und Lebergeweben in Anwendung gebracht habe (vgl. Elektricität in der Medicin. IV. Aufl. S. 36. 1872.

z. B. am Vorderarm durch einen Strom von 12 Ell. Stöhrer in fünf Secunden der Leitungswiderstand von 113,700 auf 52,000 S. Ell. herabgesetzt) und dass schon eine Maasskette von 5 S.-Ell. im Stande sei, den Widerstand herabzusetzen [1]).

Diese Geschwindigkeit der leitungsverbessernden Wirkung des constanten Stromes macht selbstredend eine zuverlässige Messung des absoluten Leitungswiderstandes der Haut gradezu unmöglich. Zur relativen Widerstandsabschätzung würden indessen diese Messungen immerhin zu verwerthen sein, wenn die Besserung der Leitungsfähigkeit der Haut durch den Strom an allen Hautstellen als eine gleichmässige befunden würde. Allein auch dieses ist leider nicht der Fall. Die Versuche Jolly's lehren, dass die Widerstandsabnahme bei Anwendung eines stets gleich starken Stromes an verschiedenen Hautstellen eine zeitlich und quantitativ ausserordentlich verschiedene ist. Die Haut der Hohlhand und der Fusssohle nehmen auch hier wieder eine besondere Stellung ein, insofern ihr an sich geringer Leitungswiderstand durch den constanten Strom in viel geringerem Grade herabgesetzt wird als der Leitungswiderstand anderer Hautstellen.

Betreffs der Vorzüge, welche der durch den Strom gesetzten Abminderung des Leitungswiderstandes zu Grunde liegen, ergiebt sich aus den Untersuchungen Jolly's und Gärtner's, dass die Epidermis die alleinige Ursache des grossen Leitungswiderstandes ist und dass für die Veränderungen resp. das Absinken des Leitungswiderstandes der Epidermis während des Stromdurchgangs der Grund vorwiegend in Veränderungen zu suchen sei, welche die Epidermis selbst durch den Strom erfährt.

In Bezug auf den ersteren Punkt liegen Versuche von Runge, Gärtner und Jolly vor, welche lehren, wie sich der Leitungswiderstand des menschlichen Körpers mit und ohne Epidermisdecken verhält

[1]) Ich bemerke hier vorläufig, dass Versuche, welche im klinischen Institute in München neuerdings von Dr. Stintzing und Dr. Graeber angestellt wurden, Resultate ergeben haben, welche diejenigen Gärtner's und Jolly's in wichtigen Punkten ergänzen und modificiren. Erstere fanden nämlich, dass bei Anwendung genügend starker galvanischer Ströme der Leitungswiderstand des Körpers sehr rasch auf ein „constantes Minimum" herabgesetzt werden kann — eine Thatsache, welche die diesbezüglichen Einwände gegen die Sicherheit und Vergleichbarkeit elektrodiagnostischer Werthangaben, selbst beim Gebrauch von nicht absoluten Galvanometern, beseitigen dürfte. Ein wesentlich anderes Verhalten zeigen die Leitungswiderstände bei Einwirkung inducirter Ströme, denen nicht annähernd eine solche Wirkung zukommt, wie den constanten Strömen.

und welche Leitungswiderstände die Epidermislagen an und für sich repräsentiren. Von Jolly wurde einem Mädchen auf jedem Arm eine thalergrosse Stelle mittelst Vesikator von Epidermis entblösst und auf jede dieser Stellen eine Hitzig'sche unpolarisirbare Elektrode applicirt mit einem Querschnitte von 4 qcm (die Stromstärke ist nicht angegeben). Der Gesammtwiderstand des interponirten Körpers ohne Epidermis betrug 1460 S.E. Nach Abzug des Elektrodenwiderstandes mit 820 S.E. blieb für den lebenden menschlichen Körper (ohne Epidermis) nur 640 S.E.

Der Gesammtwiderstand mit Epidermis stellte sich auf 190,000 S.E., so dass also für die 2 Epidermislagen zusammen 188.540 S.E., also für jede derselben 94,000, d. h. das 150fache des Leitungswiderstandes des gesammten Körpers ohne Epidermis herauskam. Die Versuche an Leichen und Leichenorganen, welche von Gärtner und mir angestellt wurden, ergaben höhere Ziffern, was auf einen grösseren Leitungswiderstand des todten epidermisfreien Körpers hinweist. Die Epidermis selbst leitet auffallenderweise in der Leiche besser als am Lebenden, besonders wenn die Fäulniss begonnen hat.

Bei der Leitungswiderstandsabnahme in der Epidermis während des Stromdurchganges wirken offenbar verschiedene Factoren zusammen. Voran steht die Durchfeuchtung der hornigen Epidermislamellen von aussen, das allmälige Aufquellen derselben und das Eindringen salzhaltigen Plasmas aus der hyperämisch werdenden Cutis in die Zellenschichten des Rete. Hierzu kommt aber noch die kataphorische Wirkung des galvanischen Stroms, d. h. die Fortführung von Flüssigkeit von der Anode durch den Leiter hindurch zur Kathode. Auf diese Weise wird die Epidermis sehr gründlich durchfeuchtet, die Intercellulargänge mit Wasser durchzogen und so die Epidermis in einen Körper verwandelt, in welchem nach dem Gesetze der kataphorischen Eigenschaften des galvanischen Stroms der letztere die Flüssigkeit von der Anode zur Kathode fortbewegt. Die lebendige Circulation in den Hautgefässen sowohl als auch die Saftströmung in dem Hautorgane ist gewiss von grosser Bedeutung, wenigstens ergaben Jolly's Versuche an den epidermisfreien Hautstellen der Lebenden, dass der constante Strom auch in der epidermisbefreiten Haut des lebenden Menschen den Leitungswiderstand etwas herabsetzt. Von welcher Bedeutung aber die rein physikalischen (kataphorischen) Wirkungen des Stromes bei seinem

Durchgange sind, lehrt der Versuch Gärtner's an der Leiche, wonach der galvanische Strom auch an der unverletzten Oberfläche der Leiche sowohl als an der abgelösten und zwischen die Elektroden gebrachten Epidermis eine beträchtliche Herabsetzung des Leitungswiderstandes zu Stande brachte.

Wie weit die temperaturerhöhende Wirkung des Stromes, sowie die chemischen Vorgänge der Elektrolyse bei der Leitungswiderstands-Wirkung einwirke, ist noch zu untersuchen.

Interessant sind ferner die Versuche Gärtner's und Jolly's über eine dem constanten Strom analoge, wenn auch viel geringere Wirkung des Inductionsstromes auf den Leitungswiderstand. Die Abminderung des Leitungswiderstandes geht nach Jolly bis auf ein Drittel seiner ursprünglichen Grösse. Dieser Effekt des Stroms dürfte seinem Einflusse auf die Blutgefässe zugeschrieben werden, da eine kataphorische Wirkung dem Inductionsstrome nicht zukommt.

Die Leitungsfähigkeit der Centralorgane des Nervensystems und der dieselben umschliessenden Knochenkapseln nimmt wegen der grossen praktischen Wichtigkeit dieser Frage nächst der Leitungsfähigkeit der Haut das Interesse vor Allem in Anspruch.

Die frühere, bis 1866 auch von mir vertretene Auffassung, dass das Gehirn und Rückenmark vermöge ihrer starken Umhüllung mit Knochen und Weichtheilen sich der directen Beeinflussung durch den elektrischen Strom sich entziehe, wurde, nachdem Remak, Benedikt, Hitzig u. A. klinische und experimentelle Gründe dagegen eingebracht hatten, durch die Versuche von Erb[1]) widerlegt, welche die Treffbarkeit des Gehirns definitiv bewiesen. Erb machte zunächst darauf aufmerksam, dass bei der Beurtheilung der Durchgangsfähigkeit der Schädelknochen für elektrische Ströme der Leitungswiderstand der Schädelknochen nicht so sehr in Betracht käme, als vielmehr die histologische Anordnung des Knochengewebes, insofern die compakte Knochenmasse durchbrochen sei von zahlreichen, dichtstehenden und feinen Gefässcanälchen, welche einerseits mit den Gefässen des Periosts in Verbindung stünden und mit Blut gefüllt zahlreiche Wege für den Strom darstellten, die mit geringen Umwegen durch die ganze

---

[1]) D. Archiv f. klin. Med. Bd. III. S. 247. 1867.

Dicke des Knochens führten. Ausserdem seien noch die zahlreichen grösseren und kleineren Emissarien, sowie die Nähte als gute Stromwege in Anschlag zu bringen.

Um den direkten Beweis für die Durchgängigkeit der Schädeldecken zu erbringen, applicirte Erb auf das durch Aussägung eines Stückes der Schädeldecke freigelegte Gehirn einer Leiche ein isolirtes Froschpräparat und leitete dann sowohl galvanische als inducirte Ströme quer durch den Kopf. Beide Stromesarten in einer Stärke angewendet, wie sie beim Menschen therapeutisch anwendbar ist, riefen deutliche Zuckungen des Froschpräparates hervor.

Diese Versuche bewiesen jedenfalls, dass Stromschleifen durch das Gehirn gehen. Ebenso wurde es durch Versuche, welche Erb an dem freigelegten Rückenmark einer Leiche mittelst des Froschpräparates anstellte, sowie durch Beobachtungen an Lebenden höchst wahrscheinlich gemacht, dass auch in das Rückenmark Stromschleifen eingeleitet werden könnten.

Es leuchtet ein, dass diese Ergebnisse der Erb'schen Versuche von fundamentaler Bedeutung für die ganze Frage von der therapeutischen Anwendung galvanischer Ströme bei Gehirn- und Rückenmarkskrankheiten sein mussten und es erschien deshalb eine Wiederholung derselben nach anderen Methoden sehr wünschenswerth.

Solche Controlversuche sind zuerst von Burckhardt[1]) in Basel angestellt. Der nächste Zweck derselben war freilich ein anderer. Burckhardt wollte die Behauptung Brenner's[2]), dass die Möglichkeit, einen elektrischen Strom in einer bestimmten Richtung durch den unverletzten Körper zu leiten, der methodischen Zulässigkeit entbehre, dass dagegen die Einwirkung der Pole eine sichere, stets sich gleich darstellende sei, auf ihre Richtigkeit prüfen. Allein es ergaben sich hierbei auch wichtige Resultate für die Klärung der Frage von der Durchgängigkeit der knöchernen Umhüllungen des Gehirns und Rückenmarks für den elektrischen Strom.

Burckhardt bediente sich einer (inconstanten) Hipp'schen Zinkkohlen-Batterie von 24 Elementen, deren Strom mittelst gewöhnlicher Elektroden, wie

---

[1]) Ueber die polare Methode. D. Archiv f. klin. Med. 1870. VIII. S. 100 ff.
[2]) L. c. II. S. 77.

sie zu therapeutischen Zwecken im Gebrauch sind, eingeleitet wurde. Eine bestimmte zwischen den beiden Polen gelegene Nervenpartie einer Leiche wurde nun auf Stromdurchgang und Stromrichtung geprüft, indem von dem durchgehenden Hauptstrom Zweigströme mittelst Zinkschaufeln oder Stahlnadeln, welche bis in die Nähe der Spitze durch einen Siegellacküberzug isolirt waren, zu einen kleinen Galvanometer mit einigen hundert Windungen und astatischer Nadel abgeleitet wurden. Die Versuche wurden an den Leichen alter Leute angestellt, und zwar in folgender Weise:

Am Schädel wurde, nach der Anlegung von Bohrlöchern durch Einsenken der isolirten Stahlnadeln in das Gehirn der Durchgang elektrischer Ströme und deren Richtung constatirt. Dasselbe geschah mit dem Rückenmark nach Aufbrechen des Wirbelkanals, an den Nervenstämmen der Ober- und Unterextremitäten sowie am Halssympathicus, nachdem dieselben frei präparirt und durch Holzspäne in bestimmter Ausdehnung isolirt waren.

Die Application des Hauptstroms geschah bei der Prüfung der Durchgängigkeit des Gehirns aussen am Schädel, entweder in den Schläfen oder an Stirn und Nacken; für das Rückenmark und die peripherischen Nervenstämme oben und unten an der Wirbelsäule resp. an der betreffenden Extremität peripherisch von dem zu prüfenden Nerven; für den Sympathicus am Winkel des Unterkiefers und am Manubrium Sterni. Einige Versuche wurden auch an einer Leiche angestellt, an welcher die Blutcirculation durch rythmische Einspritzung von warmem Salzwasser in die Aorta so erfolgreich nachgeahmt wurde, dass sich die injicirte obere Körperhälfte erwärmte, die Venen des Arms prall aufschwollen, die Muskelstarre abnahm und von den Schnittflächen warmes Wasser abfloss.

Alle diese Versuche ergaben positive und übereinstimmende Resultate. Es stellte sich heraus, dass sowohl das Gehirn als das Rückenmark, die Nervenstämme und der Sympathicus bei der beschriebenen Stellung der Pole von Stromschleifen durchsetzt wurden, welche, als Zweigströme abgeleitet, nicht unbeträchtliche Ablenkungen der Magnetnadel bewirkten. Es stellte sich ferner heraus, dass die durchsetzende Stromschleife mit der Commutation des Hauptstroms ebenfalls sofort ihre Richtung in die entgegengesetzte veränderte. Es ergab sich endlich, dass man den Strom auch auf die grossen Nervenstämme mit Sicherheit und in bestimmter Richtung einwirken lassen könne, sowohl, wenn sie allein, als auch, wenn Theile der Plexus oder des Rückenmarks mit eingeschlossen wären.

Burckhardt vermuthet ferner nach den positiven Resultaten, welche er an der mit warmem Salzwasser injicirten Leiche erhielt, dass mit der Circulation sich Leitung und Stromdurchgang bessern und deshalb sich die Verhältnisse am Lebenden noch günstiger für die Galvanisirung der betreffenden Organe gestalten dürften, als er dies an der Leiche gefunden habe.

Die Stellung der ableitenden Nadelspitzen der Nebenschliessung zur Stellung der Hauptelektroden erwies sich als wesentlich und entscheidend für die Intensität der Zweigströme. Nur wenn die Nadelspitzen in der geraden Verbindungsbahn zwischen den Hauptelektroden standen, war der Ausschlag bedeutend; mit der Abweichung von derselben sank derselbe rasch, auch wenn die Entfernung von den Eintrittsstellen des Hauptstroms dieselbe blieb. Für die Stärke der Nadelablenkung, also für die Intensität der Zweigströme zeigte sich ferner die Entfernung der Fusspunkte des ableitenden Bogens von einander von wesentlichem Einfluss. Befanden sich z. B. die auf der geraden Verbindungslinie zwischen beiden Polen eingesenkten Nadeln nur 1/2 cm von einander entfernt, so ergab sich nur ein Nadelausschlag von einigen Graden; dagegen betrug der Ausschlag 15—20°, wenn die Nadeln 2—4 cm von einander entfernt in den frei präparirten Nerven (und zwar wie im ersten Falle auf der geraden Verbindungslinie zwischen den Hauptelektroden) eingesenkt wurden.

Diese Erscheinung ist, wie schon Brückner[1]) ganz richtig bemerkt hat, lediglich auf diejenigen physikalischen Bedingungen zurückzuführen, welche für die Intensität der Zweigströme überhaupt massgebend sind. Die Nebenschliessung besteht hier aus Kupferdrahtmassen, also aus einem im Vergleich mit den thierischen Geweben ausgezeichnet gut leitenden Körper. Es wird sich deshalb mit der Einleitung des Hauptstroms der grösste Theil desselben durch die gut leitende Nebenschliessung ergiessen, und es wird deshalb der Nerv oder besser die ausserhalb der Fusspunkte des ableitenden Bogens liegenden Stücke des Nerven eine weit grössere Stromdichte nachweisen lassen als dieselben enthalten würden, wenn die metallische Nebenschliessung nicht angebracht wäre. Selbstverständlich wird auch der Hauptstrom nicht unerheblich an Intensität gewinnen, da die Widerstände bedeutend vermindert sind, und es wird also auch der Nadelausschlag an dem strommessenden Apparat des Hauptstroms um so stärker ausfallen, je länger das von den Stahlnadeln eingefasste Nervenstück ist, je näher also die Fusspunkte des ableitenden Bogens den Eintrittsstellen des Hauptstroms stehen. Es muss die Stromintensität der Batterie mit der Verminderung des ausserwesentlichen Widerstandes erheblich gesteigert werden, wenn es sich um eine inconstante Batterie mit geringem wesentlichen Widerstande (Hipp'sche, Stöhrer'sche Zinkkohlenbatterie ohne Diaphragma) handelt, während die Intensität des Stroms aus Batterien von grossem wesentlichem Widerstande (Siemens-sche) durch Schwankungen der ausserwesentlichen Widerstände nicht erheblich alterirt wird.

Die Richtigkeit dieser schon a priori aus physikalischen Gründen einleuchtenden Deduction hat Brückner weiter durch direkte Versuche an ausgeschnittenen Nerven und Muskelstücken geprüft und die Zunahme des Hauptstroms mit der Zunahme der Entfernung der Nadelspitzen von einander constatirt. Die Intensitätssteigerung der Zweigströme durch Vergrösserung der Spannweite hatte

[1]) Ueber die Polarisation des lebenden Nerven im Menschen. Art. III. Deutsche Klinik 1871. No. 14.

übrigens Burckhardt[1]) schon constatirt, ohne jedoch eine Erklärung des Phänomens zu geben.

Die Wichtigkeit der im Vorstehenden mitgetheilten Versuche von Erb und Burckhardt veranlasste mich, dieselben einer eingehenden Prüfung zu unterwerfen. Die Resultate, welche ich hierbei erhielt, waren ebenfalls grösstentheils positiv und es ergaben sich ausserdem Thatsachen, welche für das Verständniss einzelner von den vorerwähnten Autoren nicht berührter Punkte von Bedeutung waren.

Was zunächst die Methode der Untersuchung anlangt, so experimentirte ich einerseits an Leichen und an einzelnen denselben entnommenen Organen, andererseits an frisch geschlachteten und an lebenden Thieren. Der Hauptstrom wurde von einer Siemens'schen Batterie geliefert und kam in der Stärke von 1—50 Elementen in Anwendung. Die Einleitung geschah mittelst gewöhnlicher, mit Badeschwamm überzogener runder Messingelektrodenplatten von 5—15 Centimeter Durchmesser. Schliessung und Oeffnung geschah im metallischen Theil der Kette mittelst eines Du Bois'schen Schlüssels. Der die Zweigströme ableitende Bogen bestand aus kupfernen, durch Guttapercha isolirten Telegraphondrähten, welche zu einer Wiedemann'schen Spiegelboussole liefen. Zur Aufnahme der Zweigströme aus dem polarisirten Organ dienten theils gespitzte Platindrähte oder Stahlnadeln, theils Zinkstäbe, welche in kleine Schaufeln ausliefen. Alle diese Metalltheile waren bis gegen die Spitze hin mit Siegellack isolirt und standen mit den Drähten der Tangentenboussole in leitender Verbindung. Endlich wurden zur Controle auch unpolarisirbare Elektroden nach Du Bois angewendet, da sich an den vorher erwähnten Metallspitzen, wenn dieselben in feuchte Organe, z. B. ins Gehirn eingesenkt wurden, Polarisationserscheinungen wahrnehmen liessen. Die Ablesung der Ausschläge des Magnetspiegels an der Tangentenboussole geschah mittelst eines Steinheil'schen Fernrohres. Die zur Untersuchung verwendeten Leichen oder thierischen Theile wurden theils durch Holz theils durch Glas von der Unterlage isolirt.

Was zunächst die Intensität der Zweigströme anlangt, so musste dieselbe von zwei Factoren abhängig erachtet werden, nämlich erstens von der Zahl der angewendeten Elemente und zweitens von der Grösse des ausserwesentlichen Widerstandes; ein dritter Factor, nämlich der wesentliche Widerstand der Batterie konnte als ungemein gross und constant für alle Fälle gleichgesetzt werden.

Die Vorversuche, welche die aus physikalischen Gründen nothwendige Abhängigkeit der Intensität der Zweigströme von der Spannweite der Fusspunkte des ableitenden metallischen Bogens beweisen mussten, ergaben dasselbe positive Resultat, welches Burckhardt und Brückner erhielten. Ich prüfte diese Verhältnisse theils an langen Nervenstämmen, welche von den übrigen Weichtheilen des Gliedes bis auf das obere und untere Ende abpräparirt und durch einge-

[1]) L. c. S. 101 u. 102.

schobene Holzspäne isolirt waren, theils am Rückenmark, welches in derselben Weise frei gelegt, aus dem Wirbelkanal sanft herausgehoben und durch untergeschobene Holzplättchen von der Umgebung isolirt war, also nur noch am obern und untern Ende mit dem übrigen Körper in Verbindung stand, endlich am Musculus sartorius, welcher in derselben Weise wie die grossen Nervenstämme frei präparirt war. Der Strom wurde nicht auf den blossgelegten Theil des zu prüfenden Leiters selbst, sondern auf die am obern und untern Ende des Schnitte gelegenen Weichtheile durch die unverletzte Haut eingeleitet.

Wurden die Aufnahmsspitzen des ableitenden Bogens am isolirten M. sartorius in verschiedenen Zeiträumen 1, 10 und 15 Centimeter von einander entfernt aufgesetzt, so zeigte sich der Ausschlag an der Boussole

	bei 1 Ctm.,	10 Ctm.,	15 Ctm. Spannweite
durch 5 S. Elemente	1,2°	6,1°	24,2°
10 ,, ,,	4,2°	15,0°	74,6°

Zugleich zeigte sich eine geringe Zunahme der Intensität des Hauptstroms an der Nadel des Galvanometers in der Hauptleitung.

Andererseits zeigte sich bei gleichbleibender Spannweite des ableitenden Bogens eine Zunahme der Intensitat der Zweigströme und des Hauptstroms mit der Vermehrung der Elementenzahl und zwar in ziemlich regelmässiger Progression.

Man ersieht hieraus leicht, dass die Grösse des Ablenkungswinkels an der Boussole keine absoluten Werthe repräsentirt und dass auch ein Rückschluss auf die relative Stromstärke im Ableitungsbogen resp. in den nervösen Organen, an welche der Bogen angelegt wird, nur dann gestattet ist, wenn die Spannweite des Bogens, d. h. die Entfernung der ableitenden Nadelspitzen von einander, unverändert bleibt und eine constante Kette zur Anwendung kommt.

Selbstredend können diese Untersuchungsmethoden nicht als physikalisch und physiologisch vollkommen einwurfsfreie bezeichnet werden, da einzelne Factoren, z. B. die Veränderungen der Feuchtigkeit in den nervösen Organen, die verschiedenen Widerstände in dem ganzen vom Hauptstrome durchsetzten Gliede u. a. nicht berücksichtigt werden konnten. Wir dürfen deshalb aus diesen Versuchen nur ganz allgemeine und mit Nothwendigkeit sich ergebende Schlüsse ziehen. Es genügte auch zunächst dem Bedürfniss, festzustellen:

dass 1) bei der Einleitung galvanischer Ströme, wie sie zu therapeutischen Zwecken am Menschen zur Anwendung zu kommen pflegen, überhaupt messbare Stromschleifen durch die nervösen Apparate hindurchgehen.

dass 2) diesen Stromschleifen eine bestimmte Richtung angewiesen werden kann,

dass 3) man die Intensität dieser Zweigströme durch Hebung der Intensität des Hauptstroms, d. h. durch Vermehrung der Elementenzahl steigern kann.

Diese Ergebnisse meiner Versuche stehen mit denen Erb's und Burckhardt's durchweg in Einklang.

Zur approximativen Bestimmung der Leitungsfähigkeit der Gehirnsubstanz wurden zunächst Versuche an dem herausgenommenen Gehirn von menschlichen Leichen und frischgeschlachteten Thieren angestellt. Hier ergab sich, was bei dem starken Wassergehalte des Gehirns und dem Mangel erheblicher Widerstände in demselben a priori zu erwarten war, dass die Leitungsfähigkeit eine im Verhältniss zu den übrigen Geweben vorzügliche sei. Ich liess den Hauptstrom entweder quer durch Gehirn oder der Länge nach von den Stirnlappen zum Kleinhirn gehen.

Die grösste Intensität der Zweigströme ergab sich, wenn sich die stromableitenden Nadeln auf der geraden Verbindungslinie zwischen beiden Polen befanden. Je weiter ich sie von derselben bei gleichbleibender Spannweite und Elementenzahl entfernte, um so beträchtlicher nahm die Intensität der Zweigströme ab. Dasselbe ergab sich bei Controllversuchen an der Leber, an der Milz und anderen Organen.

Eine Versuchsreihe möge als Beispiel dienen:

Menschenhirn. 24 Stunden nach dem Tode. Strom der Länge nach durch eine Grosshirnhemisphäre geleitet.

I. Anordnung. Hauptelektroden 19 Ctm. Entfernung. Zwischen ihnen auf der geraden Verbindungslinie die unpolisirbaren Elektroden des ableitenden Bogens mit 9 Ctm. Spannweite durch Einschnitt in die Substanz eingelassen.

Zahl der S. Elemente.	Ausschlag des Magnetspiegels.
1	6,8 °
2	11,2 °
3	21,7 °
4	32,6 °
5	43,8 °

II. Anordnung. Die unpolarisirbaren Elektroden in derselben Stellung. Die Hauptelektroden seitlich von denselben aufgestellt, so dass die Verbindungslinien zwischen den Hauptelektroden einerseits und den Elektroden des ableitenden Bogens andererseits 5 Ctm. von einander entfernt parallel verlaufen.

Zahl der Elemente.	Ausschlag.
1	4,9 °
2	7,9 °
3	15,2 °
4	22,8 °
5	31,5 °

Wir ersehen aus diesem Versuche, wie bedeutend die Intensität der Zweigströme — selbst bei einem isolirten Organe von geringem Umfange und vortrefflicher Leitungsfähigkeit — abnimmt, sobald man sich von der geraden Verbindungsbahn zwischen beiden Polen entfernt.

Zur Prüfung der Durchgängigkeit der Schädeldecken wurden in den Schädeln von Leichen, frischgeschlachteten Thieren (Kälbern) und lebenden Kaninchen an verschiedenen Stellen Bohrlöcher angelegt, die Dura angeschnitten und in jedes Bohrloch eine Glasröhre von der Weite des Bohrlochs bis in die Gehirnmasse eingesenkt, um die Elektroden, welche ausserdem noch mit einem Siegellacküberzug bis in die Nähe der Spitze versehen waren, ganz sicher zu isoliren. Die Nadeln wurden nun durch die Glasröhren in die Gehirnmasse ziemlich tief (etwa $^1/_2$—1 Ctm. von der Basis Cranii entfernt) eingesenkt und in dieser Stellung fixirt.

Nachdem alsdann die Elektroden des Hauptstroms applicirt waren, wurde die Kette mittelst eines Du Bois'schen Schlüssels geschlossen. Dann erst wurde auch der ableitende Bogen mittelst eines zweiten Schlüssels geschlossen und zwar entweder sogleich nach Einleitung des Hauptstroms oder etwas später. Feine Abstufungen der Stromdichte geschahen durch einen in die Hauptleitung als Nebenschliessung eingeschalteten Stöpselrheostaten, der bis zu 1110 S. Einheiten repräsentirt.

Es stellte sich zunächst als constantes Resultat heraus, dass man aus den Centralorganen des Nervensystems Zweigströme des aussen am Schädel oder an der Wirbelsäule eingeleiteten Hauptstroms ableiten kann; ferner dass diese Zweigströme in der Richtung des Hauptstroms fliessen und mit der Umkehr des letzteren auch ihre Richtung in die entgegengesetzte verändern.

Die Intensität dieser aus dem Gehirn und Rückenmark abgeleiteten Zweigströme war im Allgemeinen, wenn die durch die Differenz des Leitungswiderstandes im Hauptleiter und im ableitenden Bogen rein physikalisch bedingte Steigerung der Dichte des Zweigstroms berücksichtigt wird, eine geringe, wie aus den nachfolgenden Zahlen sich ergeben wird.

Die grösste Dichte liess sich nicht nur am Gehirn, sondern

auch an allen übrigen Organen auf der geraden Linie zwischen den Polen nachweisen. Mit der Entfernung der Aufnahmsspitzen von derselben nahm die Stärke des Spiegelausschlages rasch ab.

An der Leiche stellten sich die Zahlen ziemlich ebenso, wie an dem frisch getödteten Thier (Kalb, Kaninchen). Etwas günstiger erschienen die Leitungsverhältnisse beim lebenden Thiere (Kaninchen).

Bei der Prüfung der Wege, welche die nicht durch das Gehirn gehenden Stromcurven nehmen, ergab sich bei Einsenkung der Nadeln in die Nackenmuskulatur bei unveränderter Stellung der Hauptelektroden hinter den Ohren so ziemlich derselbe Ausschlag wie vom Schädelinhalt aus. Allein diese Bestimmungen sind Angesichts der zahlreichen Stromwege, welche der Strom ausserhalb des Schädels findet und bei der Unmöglichkeit, den einzelnen Weg zu isoliren, im Ganzen werthlos.

Ein besonderes Interesse erregt die auffallend hohe Stromquantität, welche ich in den Bulbis fand.

Die Nadeln wurden durch Siegellack isolirt in einem feinen Glasröhrchen durch einen kleinen in der Sclera angelegten Schnitt der Art in die Bulbi eingesenkt, dass die Spitzen entweder frei im Glaskörper schwebten oder im Augenhintergrunde stacken und vom Glaskörper Nichts ausfloss. Eine Versuchsreihe von vielen möge hier Platz finden, welche zugleich für die Zweigströme im Innern des Schädels die Zahlenverhältnisse giebt.

I. Anordnung. Leiche eines jungen Mannes. Die Elektroden des Hauptstromes hinter den Ohren fixirt. 2 Bohrlöcher in den Scheitelbeinen a) auf der geraden Verbindungsbahn zwischen den Hauptelektroden mit 8 Ctm. Entfernung (hintere Bohrlöcher), b) 2 Bohrlöcher parallel mit den ebenbezeichneten, aber 6 Ctm. weiter nach der Stirne zu, ebenfalls 8 Ctm. von einander entfernt (vordere Bohrlöcher).

Zahl der S.-Elem.	Nadeln in den hintern Bohrlöchern. Ausschlag.	Nadeln in den vordern Bohrlöchern. Ausschlag.	Nadeln in den Bulbis. Ausschlag.
5	1,5°	0,6°	1,6°
10	2,1°	1,7°	2,2°
15	2,9°	2,3°	3,5°
20	6,5°	3,2°	4,2°

Wir ersehen hieraus, dass die Stromquantität in den Bulbis trotz der relativ grossen Entfernung derselben von der Axe des Hauptstroms sich grösser erweist, als in den Gehirnpartien, welche sich in der Axe des Hauptstroms befinden.

Setzt man dagegen die Elektroden des Hauptstroms in die Schläfen und senkt die Nadeln des ableitenden Bogens in die Bulbi

ein, so ist der Ausschlag im Verhältniss zur Intensität des Hauptstroms enorm gross, wie die nachstehenden Zahlen zeigen.

Zahl der Siemens. Elomente.	In jedem Bulbus eine Nadel. Ausschlag an der Boussole.
1	6,4°
2	7,3°
3	8,5°
4	9,1°
5	10,0°
6	11,2°
7	13,7°
8	17,5°
9	24,0°
10	34,4°

Die aus diesen Versuchen sich ergebende ausgezeichnete Leitungsfähigkeit der Bulbi forderte zu einer absoluten Bestimmung des Leitungswiderstandes des Bulbus und einer Vergleichung desselben mit dem des Gehirns, des Muskels und der Leber auf.

Aus dem Gehirn, der Leber und der Zungenmuskulatur eines soeben geschlachteten Kalbes wurden Stücke von der Grösse der exstirpirten Bulbi desselben Thieres geschnitton, so zwar, dass an den Stellen, an denen die Application der unpolarisirbaren Elektroden Statt haben musste, der Organtheil mit Pia und Arachnoidea resp. mit Leberkapsel oder Zungenschleimhaut überkleidet war. Mit Hülfe eines Siemons'schen Stöpselrheostaten und einer Wheatstone'schen Brücke wurde dann der Leitungswiderstand des vom Binde- und Fettgewebe an der Oberfläche befreiten Bulbus sowie der genannten Organtheile geprüft.

Es betrug hiernach der Leitungswiderstand

des Gehirns	=	1693,3 S. E.
des Bulbus	=	2651,2 „
des Muskels	=	6192,0 „
der Leber	=	11592,0 „

Es erhellt aus diesen Versuchen die vorzügliche Leitungsfähigkeit des Bulbus im Verhältniss zu anderen leicht erreichbaren Organen, z. B. zum Muskel. Dieselbe wird nur übertroffen von der des frischen feuchten Gehirns, das aber doch durch seine knöchernen und sonstigen Umhüllungen viel geschützter ist als die Bulbi, welche vermöge des sie umgebenden saftreichen Bindegewebes mit den Weichtheilen der Wange in gut leitender Verbindung stehen.

Mit diesem Resultate steht der grosse Wassergehalt des Bulbus durchaus in Einklang. Derselbe beträgt nach einer Analyse, welche

von Gorup auf mein Ansuchen vornahm, 90 pCt. (getrocknet bei 110° C.), während das den Bulbus umhüllende Binde- und Muskelgewebe 71,5 pCt. Wassergehalt zeigte.

Mit der Feststellung dieser Thatsache fallen alle Schwierigkeiten der Erklärung der abnorm hohen Erregbarkeit der Retina hinweg.

Versuche, welche ich über die Leitungsfähigkeit des Gehörorgans in Bezug auf Erregung des Gehirns anstellte, ergaben ebenfalls, dass bei Einleitung des Hauptstroms durch den äusseren Gehörgang[1]) beiderseits eine grössere Stromstärke im Gehirn über den Felsenbeinen vorhanden war, als bei einfacher Application der Elektroden hinter den Ohren.

Uebrigens war die Zunahme der Intensität der Zweigströme nicht annähernd so bedeutend, wie bei der Einsenkung der Nadeln in die Bulbi.

Die Versuche, welche ich zur Prüfung der Durchgängigkeit des Rückenmarks und der grossen Nervenplexus und -Stämme für galvanische Ströme nach der von Burckhardt befolgten Methode anstellte, ergaben mir ebenfalls positve Resultate. Ich fand freilich auch hier die Intensität der Zweigströme sehr gering, allein dieselbe erwies sich constant, und die Richtung derselben wurde wie im Gehirn durch die Richtung des Hauptstroms bestimmt und wechselte mit dieser.

Beim Rückenmark erwies sich die Methode der Freilegung desselben, nämlich, ob die Wirbelsäule von vorne oder von hinten aufgebrochen wurde, für das Resultat gleichgültig. Auf beiden Wegen erhielt ich, wenn der eine Pol im Nacken und der andere am Kreuzbein stand, ziemlich gleich starke Ausschläge.

Ich prüfte auch die Zungenschleimhaut und Zungenmuskulatur auf den Stromdurchgang, indem ich die Elektroden des Hauptstroms auf die Wangen oder Unterkiefer der Leiche oder des Thieres applicirte und die Nadelspitzen in die Schleimhaut oder die Muskulatur der quer durchschnittenen Zunge einsenkte. Die Ausschläge zeigten sich nur am lebenden Thier erheblich (4,5° bei 30 S. E.); am todten Thier oder an der menschlichen Leiche war er selbst bei einem

---

[1]) Ich füllte zu dem Zwecke zuerst den einen Gehörgang der Leiche mit Wasser, senkte die Nadel ein und verschloss alsdann den äusseren Gehörgang mit Modellirthon, worauf dann das andere Ohr armirt wurde.

Hauptstrom von Elementen sehr gering, was sich wohl aus dem raschen Eintrocknen der der Luft exponirten Gewebe der Mundhöhle genügend erklärt. Denn a priori lässt die Leichterregbarkeit der Geschmacksnerven nach der Analogie des Sehnerven wohl auch auf eine besonders gute Leitungsfähigkeit der Schleimhäute des Mundes schliessen.

Die Prüfung des Halssympathicus und seiner Ganglien auf Stromdurchgang fiel an der Leiche und am todten Thier, wie bei Burckhardt, positiv aus, jedoch war der Ausschlag bei der von Burckhardt gewählten Anordnung äusserst minutiös.

Ebenfalls positiv war das Resultat bei der Untersuchung der in der geschlossenen Brust- und Bauchhöhle befindlichen Organe.

Die Anordnung war hier folgende: Die mit Ausnahme der Spitze isolirten Stahlnadeln wurden durch die Brust- oder Bauchwand der menschlichen Leiche oder des Thieres in das betreffende Organ eingesenkt. Dann wurde der Hauptstrom von 1—50 S. Elementen steigend quer durch den Rumpf geleitet, so zwar, dass sich die Nadelspitzen annähernd auf dem geraden Wege zwischen beiden Polen befanden. Auf diese Weise wurde geprüft Lunge, Herz, Leber, Milz, Darm und Blase.

Die Intensität des Zweigstroms war eine geringe (1,5—11,3), derselbe war jedoch stets mit Sicherheit nachzuweisen und änderte mit der Wendung des Hauptstroms seine Richtung. Man kann hieraus ohne Zweifel schliessen, dass Stromschleifen auch durch die inneren Organe zu senden sind, wenn man die Pole so applicirt, dass das betreffende Organ auf dem geraden Wege des Hauptstroms sich befindet.

Eine besondere Besprechung verdient noch die Leitungsfähigkeit der Nerven. Die alte Ansicht, dass die Nerven die besten Leiter des Stromes seien, konnte man nach den Versuchen und Beobachtungen an Lebenden seit langer Zeit als widerlegt betrachten, um so mehr, als auch die chemischen Analysen im Nerven einen erheblich geringeren Wassergehalt nachwiesen als im Muskel. Trotzdem ist diese Ansicht von Benedikt wieder aufgestellt worden und zwar einerseits auf Grund von Untersuchungen des Wassergehaltes der nervösen Organe und ihrer Leitungsfähigkeit, welche Ranke anstellte, andrerseits auf Grund eigener Versuche am Lebenden. Was zunächst den ersten Punkt anlangt, so hat Ranke nur zu beweisen gesucht,

dass der Nerv einen grösseren Wassergehalt und eine bessere Leitungsfähigkeit besitze, als früher angenommen. Aus seinen Versuchen geht aber nicht hervor, dass der Nerv in beiden Eigenschaften dem Muskel und dem Fett- und Bindegewebe gleichkäme oder gar dieselben überträfe (vergl. die obige Tabelle auf S. 18).

Was die eigenen Versuche Benedikt's [1]) anlangt, welche „einen direkten Beweis dafür liefern sollen, dass die Nerven die besten Leiter unter den thierischen Geweben seien", so hat schon Brenner [2]) die Richtigkeit und Beweiskraft derselben durch Controlversuche widerlegt.

„Setzt man", sagt Benedikt, „den Kupferpol einer Batterie auf den Nerven eines Versuchsindividuums, und nimmt man den Zinkpol selbst in die befeuchtete Haud und streicht mit der anderen befeuchteten Hand über den befeuchteten Oberarm des Versuchsindividuums, so fühlt mau selbst die stärkste Zuckung, wenn der tastende Finger über einen Nerven kommt, und kann man mit geschlossenem Auge auf diese Weise diejenigen Punkte finden, wo ein Nerv unter der Haut liegt und wie er verläuft."

„Dieser Versuch beweist, dass, wenn der Strom den kürzesten Weg durch Nerven einschlagen kann, er viel weniger geschwächt wird, als wenn er durch andere Gewebe fliessen muss, dass also der Leitungswiderstand des Nerven geringer ist, als der Muskeln und Sehuen."

Ich habe den vorstehenden Versuch genau nach Benedikt's Angabe, sowie mit verschiedenartigen Variationen und an verschiedenen Nerven öfter wiederholt, aber nie ist es mir oder einem meiner Assistenten gelungen, das von Benedikt beschriebene Phänomen wahrzunehmen.

Beim einfachen Hinstreichen mit der Fingerspitze erhält man überhaupt keine Zuckung, sondern nur eine gleichmässige Empfindung, und nur, wenn man den Finger im Fortschreiten von der Haut abhebt und wieder sinken lässt, spürt man einen Schlag. Dieser Schliessungsschlag ebenso wie die dauernde Empfindung beim Streichen zeigt selbstverständlich Schwankungen der Intensität je uach den Schwankungen in der Dicke der Epidermis und in dem Grade der Anfeuchtung der Oberhaut. Dagegen zeigte sich gar keine Beziehung zu den unter der Haut oder in grösserer Tiefe gelegenen Nervenstämmen.

Die Angabe Benedikt's kann hiernach nach nur auf einem Irrthum in der Beobachtung beruhen, und mit der Thatsache fallen natürlich auch die Schlussfolgerungen, welche Benedikt darauf basirte.

Man kann übrigeus keinen schlagenderen Gegenbeweis gegen die Behauptung Benedikt's, dass die Nerven einen geringeren Leitungswiderstand böten, als die Muskeln, beibringen, als das eigene Experiment des genannten Autors, welches er wenige Seiten früher (p. 47) anführt, um zu beweisen, „dass der Strom im Körper viel weniger und geringere Stromschleifen aussende, als man nach physikalischen Begriffen denken sollte. Setzt man den Kupferpol auf die Halswirbelsäule

---

[1]) l. c. S. 46

[2]) l. c. S. 217 ff.

und schliesst mit dem Zinkpol über dem Medianus, so wird man z. B. bei 12 Elementen schon Schliessungszuckung bekommen. Schliesst man aber auf der Haut über dem Biceps circa 2 Linien entfernt von der früheren Stelle mit 40 Elementen, so bekommt man keine Spur von Zuckung oder Sensation im genannten Nerven."

Wären wirklich die Nerven die besten Leiter, wie Benedikt behauptet, so müsste sich der Medianus im zweiten Falle als eine Nebenschliessung von geringerem Widerstande verhalten, d. h. die grösste Quantität des Stroms in sich aufnehmen, und es müsste demnach im Medianusgebiete stärkere Zuckung und Empfindung eintreten, als bei der direkten Reizung mit 12 Elementen.

Man kann auch den Versuch ebenso beweiskräftig in folgender Weise anstellen. Wenn man beide Pole so postirt, dass ein Nervenstamm gerade zwischen dieselben zu liegen kommt, ohne von ihnen berührt zu werden, so müsste der in der Haut und in den darunter gelegenen Weichtheilen sich abgleichende Strom mit ziemlicher Dichte den Nerven durchsetzen und sonach Reizungserscheinungen hervorrufen, wenn der letztere gleiche oder gar bessere Leitungsfähigkeit besässe, als das umgebende Binde- und Muskelgewebe. Dies ist aber, wie der Versuch lehrt, nicht der Fall; vielmehr wird der Nerv, obwohl er in der geraden Verbindungsbahn zwischen beiden Polen sich befindet, umgangen oder doch von so geringen Stromschleifen durchsetzt, dass keine Reizungserscheinungen zur Aeusserung kommen, wohl ein sicherer Beweis, dass die Leitungsfähigkeit des Nerven geringer ist als die des ihn umgebenden Gewebes.

Wir können hiernach nicht umhin, die Ansicht Benedikt's als physikalisch und physiologisch unhaltbar zu bezeichnen und sehen keine Veranlassung, von unserer bisherigen Ansicht, dass die Nerven nicht zu den besten Leitern gehören, abzugehen.

Physiologische Wirkungen des elektrischen Stromes an den einzelnen Organen des Körpers.

Haut.

Die **Haut** erleidet an den Stellen, an welchen der elektrische Strom aus den Elektroden in dieselbe übergeht, stets eine der vorhandenen Strom-Intensität entsprechende Reizung, welche sich durch Schmerzempfindung, Contraction der Hautmuskeln, durch Verengerung und spätere Erweiterung der kleinsten Gefässe zu erkennen giebt. Bei länger dauernder Einwirkung stärkerer Ströme steigert sich die Hyperämie bis zur Exsudation und es treten zugleich chemische Wirkungen des Stromes in die Erscheinung.

Der Hautschmerz ist selbstverständlich um so intensiver, je grösser der Reichthum der betreffenden Hautstelle an sensiblen Nerven ist; daher bei gleicher Stromstärke im Gesichte, am Halse und an den Händen viel intensiver als am Rücken, an den Armen u. s. w.

Der Schmerz fällt ferner weit stärker aus, wenn man den Strom durch trockene metallische Elektroden-Enden in die Haut eindringen lässt, als wenn man die Epidermis mit warmem Wasser anfeuchtet und die Contactflächen der Stromgeber mit feuchten Schwämmen bekleidet. Der Grund für diese Erscheinung liegt in dem schon besprochenen grossen Leitungswiderstande der trockenen Epidermis. Wird der letztere durch Anfeuchtung und Auflockerung der Epidermis sowie durch Einschiebung des nassen Schwammes als feuchten Leiters herabgesetzt, so wird, obwohl nun überhaupt mehr Elektricität in den Körper übertritt als bei trockener Beschaffenheit der Epidermis und der Metallflächen, doch der Hautschmerz viel geringer sein, weil der Strom in einem viel grösseren Querschnitte, nämlich in dem der ganzen feuchten Contactflächen eintritt.

Dagegen ist bei Anlegung trockener, metallischer Elektroden an die unbefeuchtete Epidermis das Quantum der in den Körper übergehenden Elektricität überhaupt viel geringer und um so mehr abnehmend, je dicker und trockener die Hornschicht der Oberhaut ist. Die schwielige Epidermis in der Vola manus eines Handarbeiters oder an der Fusssohle eines Barfussgängers leitet den Strom gar nicht, und man muss hier, schon um eine Reizung der Hautnerven zu erzielen, die obersten Hornschichten durch Anfeuchtung leitend machen. Es ist indessen keine Frage, dass man bei mässiger Dicke der Epidermis, auch wenn dieselbe ebenso wie die metallischen Contactflächen der Stromgeber völlig trocken ist, durch beträchtliche Steigerung der Stromstärke und festes Aufdrücken der Elektroden dem Strome eine für die Erregung oberflächlicher Muskeln und Nerven genügende Dichtigkeit verleihen kann; allein der auf diese Weise entstehende Hautschmerz ist äusserst intensiv.

Die Ursache dieser heftigen Erregung der Hautnerven müssen wir mit Fick[1]) und Rosenthal[2]) in der Auflösung des aus der Elektrode in die Haut sich ergiessenden Elektricitätsstromes in einzelne Strahlen suchen, welche bei dem grossen Leitungswiderstande der trockenen Epidermis überall da sich sammeln und in die Haut eintreten, wo die Epidermis von der Mündung einer Schweissdrüse, einer Talgdrüse oder eines Haarbalges durchbohrt ist. In jedem einzelnen Strahle besitzt das strömende Agens eine grosse Dichtigkeit, weil hier auf einen sehr kleinen Querschnitt verhältnissmässig viel Elektricität zusammengedrängt ist. Jeder einzelne Strahl besitzt aber an sich doch nicht eine für die Muskelerregung ausreichende Dichte und zu einer gemeinsamen Action der Strahlen kommt es nicht, da sich jeder Strahl sofort nach seinem Durchtritt durch die Cutis auflöst. Daher die heftige und ausgedehnte Erregung der Hautnerven und das Ausbleiben von Muskelcontractionen.

Drückt man dagegen mit der Elektrode die Haut kräftig gegen die Oberfläche der Muskeln, so erfolgen, wie oben angeführt, oberflächliche Contractionen; die Auflösung der Strahlen geschieht alsdann erst in der Muskelsubstanz, welche hierbei von der Summe der noch mit hinreichender Dichtigkeit versehenen Stromstrahlen gereizt wird.

Diese Auflösung des Inductionsstromes in zahlreiche Strahlen hat

[1]) Medicinische Physik. II. Aufl. 1866. S. 372.

[2]) Elektricitätslehre für Mediciner. III. Aufl. S. 176 ff.

Duchenne schon längst für solche Fälle, wo eine blosse Hautreizung beabsichtigt wurde, dadurch zu befördern gesucht, dass er den trockenen Elektrodenknopf durch den jetzt allgemein gebräuchlichen Pinsel von Metallfäden (Elektrische Geissel) ersetzte. Hier wird schon in der Elektrode der Strom in so viele Strahlen zerlegt, als Metallfäden in dem Besen vorhanden sind, und die Reizung wird zugleich über eine grössere Fläche ausgedehnt, als es bei Anwendung eines einzelnen Metallknopfes der Fall ist.

Sind also Zerlegung des elektrischen Stromes in zahlreiche Stromfäden und trockene Beschaffenheit der Epidermis die zweckentsprechendsten Bedingungen für eine kräftige Erregung der Hautnerven, so ist auf der anderen Seite zur Vermeidung des Hautschmerzes und zur Erzielung möglichst schmerzloser Muskelcontractionen die sorgfältige Anfeuchtung der Epidermis mit warmem (salzhaltigem) Wasser, die Umhüllung des Metallknopfes der Elektrode mit einem feuchten Leiter (feinem Badeschwamm) und endlich ein kräftiges Aufdrücken der Elektroden sowohl aus empirischen als aus physikalischen Gründen zu empfehlen.

Das kräftige Aufdrücken der Elektroden ist, wie oben ausgeführt wurde, schon deshalb nöthig, um dem Strome die für die Erregung tiefer gelegener Muskeln und motorischer Nerven erforderliche Dichte zu erhalten; nicht minder wichtig jedoch ist das Verfahren zur Minderung des Hautschmerzes. Die ärztliche Erfahrung beweist zur Genüge, dass energische Compression eines sensiblen Nerven je nach der Intensität des Druckes schwächend oder lähmend auf ihn einwirkt und ihn für einen anderen, gleichzeitig einwirkenden Reiz leitungsunfähig macht. Es erklärt sich hieraus die alltägliche Beobachtung, dass bei der Faradisirung der Hautschmerz da am stärksten ist, wo der nöthige Gegendruck fehlt, und da am geringsten, wo die Haut eine feste Unterlage hat und deshalb eine sichere Compression des Nerven gestattet.

Die Qualität des Schmerzes ist übrigens bei den beiden gebräuchlichen Stromesarten verschieden. Der Inductionsstrom verursacht einen mehr prickelnden und stechenden, der Batteriestrom einen mehr brennenden Schmerz. Wird die Stromstärke allmählig bis zu grosser Höhe gehoben, so steigert sich nur die Intensität des Schmerzes; die Qualität desselben bleibt unverändert: an den Polen des Inductionsstromes unerträgliches Stechen, an denen des Batterie-

stromes unerträgliches Brennen. Beide Schmerzqualitäten sind übrigens am negativen Pole sehr viel intensiver als am positiven.

Die Reizung der Hautmuskeln bei der Anwendung des inducirten Stromes setzt an denselben, besonders wenn die Reizung durch Anwendung trockener metallischer Stromgeber auf die Haut localisirt wird, Contractionsphänome, welche am augenfälligsten an den mächtigen Lagen der Tunica dartos (als Schrumpfung des ganzen Hodensackes) und an der Brustwarze (als Vortreten und Rigidwerden der Brustwarze mit Runzelung des Warzenhofes) erscheinen, auf der übrigen behaarten Haut aber als sog. Gänsehaut. d. h. durch Hervortreten der Haarbälge sich kund geben. Entsprechend den individuellen Verschiedenheiten in der Entwicklung der Hautmuskeln, welche man bei den verschiedenen Menschen constatiren kann, sieht man bei manchen Personen schon bei schwachen und kurz dauernden Strömen starke Gänsehaut entstehen, während sie bei andern fast ganz ausbleibt. Dass es sich bei diesen Contractionserscheinungen um direkte und nicht um reflektorisch übertragene Reizung handelt, lehrt Kölliker's Versuch[1]) an ausgeschnittenen Hautstücken von Vögeln, an denen sich durch elektrische Reizung schöne locale Cutis anserina durch Verkürzung der Hautfedermuskeln hervorrufen liess. Ich habe ebendasselbe an Hautstücken, welche bei chirurgischen Operationen an Menschen herausgeschnitten wurden, constatiren können.

Die Dauer dieses Contractionsphänomens an den glatten Hautmuskeln ist eine ebenso begrenzte und kurzdauernde, wie an den Muskeln der Gefässe. Nach 1—2 Minuten dauernder Reizung erschlaffen die kleinen Muskelbündel und die Haarbälge treten zurück und die Haut röthet sich gleichzeitig.

Bei Anwendung des Batteriestromes ist die Dauer des Gänsehautstadiums eine noch kürzere.

Die Blutgefässe der Haut erleiden durch den Inductionsstrom, wie dies auch an anderen Blutgefässen zuerst von den Gebrüdern Weber[2]), dann von Kölliker[3]), Max Schultze[4]) und Pflüger[5])

---

[1]) Siebold u. Kölliker, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. II. S. 123. 1850.

[2]) Ed. u. E. H. Weber, Die Wirkung des magnet-elektrischen Stromes auf die Blutgefässe. Müller's Archiv 1847, S. 232.

[3]) Kölliker, Prager Vierteljahrsschr. 1849. Bd. VI. Heft I.

[4]) Max Schultze, De arteriarum notione, structura etc. Gryphiae 1849. p. 51sq.

[5]) Pflüger, Allgem. med. Centralzeitung Bd. XIV. 1855. Aug.

beobachtet worden ist, zunächst eine Verengerung ihres Lumens durch die Reizung ihrer Muskulatur resp. der Gefässnerven. Diese spastische Verengerung sämmtlicher Blutgefässe des gereizten Hautstückes, welche gleichzeitig mit der Contraction der Haarbalgmuskeln eintritt und sich durch umschriebene Anämie des Hautstückes zu erkennen gibt, hat nur eine kurze Dauer. Setzt man die Reizung besonders mit trockenen Elektroden 2—3 Minuten fort, so tritt an die Stelle der Anämie eine intensive Hyperämie, ein Erythem, welches auf der secundären paralytischen Erschlaffung der Ringmuskulatur und der dadurch bedingten Erweiterung der Gefässe beruht. Die In- und Extensität sowie die Dauer dieses Erythems variirt bei den einzelnen Individuen ganz ausserordentlich. Während die Röthe sich bei dem Einen nur schwach, von geringer Ausdehnung und nach dem Aufhören der Reizung einstellt, um nach kurzer Zeit wieder zu verschwinden, erscheint sie bei Anderen schon während der Faradisirung trotz genügender Anfeuchtung der Oberhaut und der Elektrodenschwämme, dehnt sich handgross aus, lässt seröses Exsudat in den Papillarkörper und unter die Epidermis austreten, setzt dadurch grosse, der Urticaria ähnliche Quaddeln und verschwindet erst nach stunden-, ja tagelangem Bestehen. Für die Erklärung dieser individuellen Differenzen reicht die verschiedene Dicke der Epidermis nicht aus; man ist genöthigt, individuelle Verschiedenheiten in der Erregbarkeit und Erschöpfbarkeit der Gefässnerven anzunehmen, welche in der verschiedenartigen Reaction derselben gegen psychische Einwirkungen (Erröthen, Erblassen) sowie gegen mechanische Einwirkungen (Streichen, Drücken) ihr Analogon haben.

Auch der constante Strom ruft an beiden Polen Veränderungen an den Gefässluminis hervor; jedoch ist die Wirkung beider Pole nicht ganz gleich. Diese Differenz der Wirkung beider Pole ist zuerst von Remak[1]) und dessen Schüler Bollinger[2]) constatirt und dahin präcisirt, dass der positive Pol ohne vorhergehende Verengerung der Gefässe und Contraction der Hautmuskeln Röthe, Hitze und ein papulöses Exanthem hervorrufe, während der negative Pol Blässe der Haut mit Quaddel-, Bläschen- oder Schorfbildung und Anschwellung

---

[1]) Galvanotherapie S. 130.

[2]) A. F. Bollinger, Symbolae ad effectum catalyticum rivi galvanici constantis demonstrandum. Diss. Berolini 1863.

erzeuge. Erb[1]) hat diese Angaben grösstentheils richtig gefunden. Er fand die Röthe an der Anode viel intensiver, mehr scharlachähnlich, an der Kathode viel blässer, rosafarben, manchmal ins Weisse sich verlierend. An der Anode bedeckte sich die Haut mit kleinen, körnigen Erhabenheiten und schuppte später reichlich ab. Dagegen wurde sie an der Kathode infiltrirt, verdickt und mit Quaddeln bedeckt, auch bestand die Röthe, welche sich hier nach der Abnahme der Elektrode secundär einstellte, viel länger.

Ich habe diesen Punkt wiederholt einer eingehenden Prüfung unterworfen und bin zu folgenden Resultaten gekommen.

Für das Studium der Differenz der Wirkung beider Pole ist es nothwendig, theils den Effect beider Pole gleichzeitig unter möglichst gleichen Bedingungen (gleiche Grösse der Elektrodenplatten, gleiche Dicke und Durchfeuchtung des feuchten Leiters, gleiche Dicke der Epidermis) zu prüfen, theils die Wirkung jedes Poles gesondert zu studiren, indem man die entgegengesetzte Elektrode in eine handgrosse Platte auslaufen lässt und so ihre Einwirkung auf die Haut zu Gunsten des andern Pols wesentlich herabsetzt. Andrerseits ist darauf zu sehen, dass die Contactflächen nicht oxydirt sondern glattpolirt und theils rein metallisch und trocken, theils mit frischem, feuchtem Leiter überzogen zur Anwendung kommen. Endlich ist die Vergleichung der erlangten Resultate mit denen, welche die Anwendung unpolarisirbarer Elektroden giebt, wichtig und instructiv.

Zunächst stellt sich heraus, dass die Erschlaffung der Hautmuskeln und der Ringmuskeln der Arterien am negativen Pole rascher eintritt, als am positiven und länger andauert, was wohl aus der überhaupt intensiveren physiologischen Einwirkung des negativen Poles zu erklären sein dürfte.

An der Anode ist die entstehende Gänsehaut von längerer Dauer, jedoch nur in der Umgebung des Pols, während an der Contactstelle der Haut sich zuweilen eine seichte Vertiefung mit starkem Erblassen der Haut, bald aber eine intensive Hyperaemie entwickelt und auf derselben eine grosse Anzahl kleiner Papeln, deren jede in ihrem Centrum ein Haar aufweist, die somit wohl in dem Gefässnetz des Haarbalges ihren Ausgangspunkt haben. Bei mässiger Reizung bleibt es bei der Bildung dieser körnigen Erhebungen. Bei fortgesetzter

[1]) D. Arch. f. klin. Med. Bd. III. S. 274.

und starker Reizung confluiren die Papeln zu einer grossen mehr weniger ischämischen Quaddel, an deren Peripherie noch eine Anzahl einzelner Papeln und ein mässig ausgedehnter rother Hof besteht.

An der Kathode sind die physiologischen Wirkungen im Grunde dieselben, nur ist das Reizungsstadium kürzer und die Intensität und Extensität der Lähmungserscheinungen stärker. Die Hyperämie ist intensiver und ausgedehnter, die Quaddelbildung ebenso.

Diese Erscheinungen lassen sich nur bei der Anwendung unpolarisirbarer Elektroden mit der nöthigen Sicherheit und Ruhe beobachten, weil in diesen Fällen der Schmerz selbst bei Application eines Stromes von 50 S. Elementen mässig ist, die chemischen Nebenwirkungen ausbleiben und die Hyperämie und Exsudation sich sehr langsam entwickelt. Es bedarf unter diesen Bedingungen einer $^1/_4$—$^1/_2$ stündigen Application des Stromes, um die Quaddelbildung zu beobachten.

Wir sehen hiernach, dass die rein physiologische Wirkung qualitativ an beiden Polen gleich, und nur quantitativ verschieden ist, insofern die Veränderungen an dem negativen Pole schneller sowie in- und extensiver sich entwickeln. Die Reihenfolge der Veränderungen ist also an beiden Polen: Erblassen mit Gänsehaut, Hyperämie, papulöse Anschwellung der Haarbälge, Confluenz der Papeln zu grossen Quaddeln.

Im Betreff der chemischen Einwirkung des Stromes auf die Haut ist dagegen die Differenz beider Pole sehr prägnant. Hievon überzeugt man sich am besten, wenn man beide Pole mit frisch polirten Metallknöpfen versieht und sie ohne feuchten Leiter auf die schwach befeuchtete Haut aufsetzt. Man benutzt als Ansatzstellen am besten zwei einander entsprechende Hautstellen von gleich dicker Epidermis, z. B. die Haut an der Beugefläche oder an der Streckfläche der Vorderarme.

Bei mässiger Stromstärke, z. B. bei 20 S. Elementen, tritt an der Kathode, welche einen heftig brennenden Schmerz erzeugt, an der Berührungsstelle nach $^1/_2$ — 1 Minute ein blassbläulich durchscheinendes stecknadelkopfgrosses Bläschen auf, welches sich anfangs nur wenig über die Hautoberfläche erhebt und mehr in der Haut selbst seinen Sitz hat.

Setzt man die Reizung fort, so vergrössert sich das Bläschen und tritt mehr über die Oberfläche heraus. Der Inhalt ist nicht rein

flüssig, sondern besteht aus stark mit Flüssigkeit durchtränkten gelockerten Epidermislagen. Derselbe giebt eine stark alkalische Reaction[1]). Bei fortdauernder Reizung färbt sich der Inhalt bräunlich und jede Aetzstelle wird der Sitz einer ziemlich grossen Quaddel, welche von einem rothen Hof in weiter Ausdehnung umgeben ist. Das spärliche Serum, welches an den der Epidermis beraubten Aetzstellen gewonnen wird, reagirt dauernd stark alkalisch. Der Messingknopf der Elektrode bleibt glatt und ohne Oxydschichte.

An der Anode zeigt sich, wenn man die Kathode durch Vergrösserung der Contaktfläche und Einschiebung von feuchtem Schwamm relativ unschädlich gemacht und die Intensität der Stromwirkung an der Anode gesteigert hat, unter lebhaftem Brennen eine seichte Vertiefung mit Ischämie unter dem Metallknopf, während die Umgebung Gänsehaut zeigt. Bei fortdauernder Reizung erhebt sich in der ganzen Ausdehnung des Contactes eine Quaddel, deren Centrum bräunlich verfärbt wird. Der vorher glänzend polirte Messingknopf wird im Bereiche des Contactes durch Oxydirung schwarz gefärbt und das beim Anritzen der Quaddel gewonnene spärliche Serum zeigt eine ausgesprochen saure Reaction.

Mittelst eines feinen Geissler'schen Thermometers überzeugte ich mich, dass während des Stromdurchganges weder an der Kathode, noch an der Anode eine nennenswerthe Temperaturerhöhung Platz griff, mochten die metallischen Contactflächen der Stromgeber mit oder ohne feuchten Leiter applicirt werden.

Vierundzwanzig Stunden später zeigt sich an den Centren der Quaddeln vom negativen Pole eine oberflächliche Eiterinfiltration, während am positiven Pole die Quaddel zwar etwas abgeschwollen ist, aber an der schmutzig braunrothen Färbung sowie an der leichten Ablöslichkeit der Epidermis erkennen lässt, dass der Entzündungs- und Exsudationsprocess noch nicht abgelaufen ist.

Diese Versuche lehren, dass bei der Anwendung stärkerer Ströme ausser der physiologischen Wirkung des Stromes, welche in Hyperämie und Exsudation im Papillarkörper besteht, auch chemische Effekte auftreten, welche bei der Anwendung

---

[1]) Die Prüfung der Reaktion geschah bei diesen und den nachfolgenden Versuchen sowohl mit dem gewöhnlichen Lakmus- und Curcuma-Reagenzpapiere als mit Gypsplättchen, welche mit blauer sowie durch Säure gerötheter Lakmustinktur imprägnirt waren.

metallener Contactflächen ohne feuchten Leiter am intensivsten sind. Diese chemischen Effekte bestehen in der Zerlegung des Blutserums, welches hier als Elektrolyt dient, und zwar einerseits des Wassers und andererseits der in demselben gelösten Salze, von denen vornehmlich das Chlornatrium und das kohlensaure Natron in Betracht kommen. Durch die Anhäufung der Jonen an den Polen, nämlich des Wasserstoffs und der Alkalien an der Kathode und des Sauerstoffs, der Kohlensäure und des Chlors an der Anode wird die oben beschriebene Reaction und zugleich die intensive Verätzung an der Kathode, an welcher das kaustische Natron resp. Kali als Kation sich anhäuft, erklärt.

Versuche, welche ich an anderen Organen z. B. an Gehirn- und Lebersubstanz im Betreff der chemischen Wirkungen des Stroms anstellte, ergaben vollkommene Uebereinstimmung mit den an der Haut gewonnenen Resultaten. Wenn man in frische Gehirn- oder Lebersubstanz die in Platindrähte auslaufenden Pole einer Batterie von 20—30 Elementen oberflächlich einsenkt, so entsteht sofort an beiden Polen lebhafte Gasentwicklung. Bringt man den feuchten Schaum von der Platindrahtspitze auf die theils mit blauer, theils mit rother Lakmustinctur gefärbten Gypsplatten, so zeigt sich intensiv alkalische Reaction an der Kathode, saure an der Anode. Dasselbe zeigt sich, wenn man die gefärbten Gypsplättchen oder Röllchen von Lakmus- und Curcumapapier in die mit Schaum gefüllten Vertiefungen einsenkt, in welchen die Platinnadeln sich vorher befanden: Am negativen Pole starke Braunfärbung des Curcuma- und Blaufärbung des rothen Lakmuspapiers, am positiven die Röthung des blauen Lakmuspapieres oder -Gypses.

Wendet man statt der metallischen Elektroden unpolarisirbare nach Du Bois an, so treten die beschriebenen chemischen Wirkungen der Polarisation nicht in die Erscheinung. Die an den Polen frei werdenden Jonen werden hier beim Entstehen sofort durch die feuchte Thonmasse aufgesogen, so dass es zu keiner Anätzung am negativen Pole kommt[1]). Dasselbe beobachtet man auch bei der Verwendung

[1]) Bekanntlich bestehen die unpolarisirbaren Elektroden von Du Bois-Reymond aus Glasröhren, deren untere Oeffnung durch einen Pfropf von plastischem Thon, welcher mit einer einprocentigen Kochsalzlösung angerührt ist, geschlossen und noch

der von Hitzig für die Elektrotherapie nach Du Bois' Vorgange construirten unpolarisirbaren Elektroden.

Eine erhebliche thermische Einwirkung des galvanischen Stromes resp. der metallisch armirten Pole auf die Haut kann nach den obigen Versuchen wenigstens für die Hautoberfläche ausgeschlossen werden.

Die Temperatur der Haut steigt an den hyperämisch gewordenen Contactstellen natürlich nach dem Faradisiren wie nach dem Galvanisiren, was aber lediglich als Folge der Hyperämie zu betrachten ist. Genaueres hierüber findet sich weiter unten bei den Temperaturbestimmungen über contrahirten Muskeln mitgetheilt.

Nerv und Muskel.

Da eine genaue Kenntniss der wichtigsten Ergebnisse der physiologischen Studien über das Verhalten des normalen Nerven und Muskels gegen den elektrischen Strom für das Verständniss der mannigfaltigen, unter pathologischen Verhältnissen am Nerven- und Muskelsystem des Menschen auftretenden Erscheinungen unentbehrlich ist, so müssen wir an dieser Stelle einen kurzen Excurs auf das physiologische Gebiet unternehmen.

Noch vor wenig Decennien bestand zwischen den Ergebnissen der experimentell-physiologischen Forschung und den Beobachtungen der Elektrotherapeuten am lebenden Menschen eine derartige Differenz, dass es schien, als sei an eine Ausfüllung dieser Kluft nicht zu denken. Die letzten zwei Jahrzehnte haben indessen eine erfreuliche Annäherung angebahnt, und schon reicht man sich an manchen Punkten von beiden Seiten die Hände. Eine Verständigung über die wichtigsten Fragen von der Wirkung des elektrischen Stromes am menschlichen Körper

---

mit einem Fortsatz aus plastischem Thon versehen werden. Die Glasröhren werden mit concentrirter Lösung von chemisch reinem Zinkvitriol gefüllt und in die letztere je ein Streifen amalgamirten Zinkblechs eingesenkt, dessen oberes Ende mit den Leitungsdrähten in leitende Verbindung gesetzt wird.

Nach diesem Muster hat Hitzig unpolarisirbare Elektroden für die therapeutische Verwendung am Lebenden construirt, deren genauere Beschreibung sich weiter unten bei der Besprechung der Nebenapparate findet.

im gesunden und kranken Zustande ist nicht mehr so unwahrscheinlich als es früher schien und damit eröffnet sich eine Aussicht, dass das Ziel einer physiologischen Begründung der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie dereinst erreicht werde.

Vom Elektrotonus und dem Zuckungsgesetze.

Jeder Nerv, welcher in einem beliebig langen Stück von einem constanten galvanischen Strome durchflossen wird, erleidet durch den letzteren für die Dauer des Fliessens eine Reihe eigenthümlicher Veränderungen, welche seine Erregbarkeit, Leitungsfähigkeit u. s. w. betreffen. Diesen Zustand nennt man nach Du Bois-Reymond „Elektrotonus", den durchflossenen Nerven oder Muskel nennt man polarisirt oder elektrotonisirt, den angewendeten constanten Strom bezeichnet man als den polarisirenden.

Man nennt ferner den galvanischen Strom nach der Richtung, in welcher er den Nerven durchfliesst, einen aufsteigenden, wenn die positive Elektrode peripherisch, die negative dagegen dem Centrum näher applicirt ist, der galvanische Strom somit im Nerven in der Richtung von der Peripherie zum Centrum fliesst, einen absteigenden dagegen, wenn der positive Pol dem Centrum des Nervensystems näher steht als der negative, der Strom im Nerven somit in der Richtung vom Centrum zur Peripherie fliesst.

Da die Veränderungen, welche den elektrotonischen Zustand charakterisiren, constant eintreten, so war es möglich, dieselben als Gesetz zu formuliren, und da die Untersuchungen vornämlich am motorischen Nerven angestellt wurden, dessen zugehöriger Muskel vorzüglich geeignet ist, durch seine Zuckung die im Nerven vorgehenden Veränderungen in die Erscheinung treten zu lassen, so hat man das Gesetz als „Zuckungsgesetz" bezeichnet.

Du Bois-Reymond hatte gegen Ende der vierziger Jahre zuerst aus den zu jener Zeit bekannten Thatsachen über elektrische Nervenerregung das folgende Fundamentalgesetz formulirt[1]): „Nicht der absolute Werth der Stromdichtigkeit in jedem Augenblicke ist es, auf den der Bewegungsnerv mit Zuckung des zugehörigen Muskels antwortet, sondern die Veränderung dieses

[1]) Untersuchungen über thierische Elektricität. Berlin 1848. Bd. I. S. 258.

Werthes von einem Augenblicke zum andern, und zwar ist die Anregung zur Bewegung, die diesen Veränderungen folgt, um so bedeutender, je schneller sie bei gleicher Grösse vor sich gingen und je grösser sie in der Zeiteinheit waren.

Dieser Satz konnte nicht mehr als der allgemeinste Ausdruck der gesetzmässigen Vorgänge bei der Nervenerregung gelten, als nachgewiesen war, dass der Empfindungsnerv auch auf das dauernde Fliessen des Stroms mit einer Empfindung antworte, dass ferner auch, wie Wundt[1]) zuerst lehrte, der Muskel bei direkter Reizung während der Stromdauer eine schwache Contraction zeige.

Pflüger[2]) verdanken wir weiter nachstehende wichtige Aufschlüsse:

Jeder in einer bestimmten Länge des Nerven verlaufende galvanische Strom zerlegt den Nerven in zwei physiologisch verschiedene Abschnitte, welche durch einen Punkt, an welchem der Nerv unverändert ist (Indifferenzpunkt), in einander übergehen. Der eine Abschnitt eines solchen Nerven ist durch den Strom in einen Zustand der erhöhten Erregbarkeit (Katelektrotonus), der andere Abschnitt in einen Zustand der erniedrigten Erregbarkeit (Anelektrotonus) versetzt. Von diesen beiden Zonen befindet sich die der erhöhten Erregbarkeit in der Gegend und Nachbarschaft des negativen Pols (Kathode), die der herabgesetzten Erregbarkeit in der Gegend und Nachbarschaft des positiven Pols (Anode). Vom negativen Pole aus pflanzt sich also nach beiden Seiten der Zustand der erhöhten, vom positiven der Zustand der herabgesetzten Erregbarkeit fort. Die anelektrotonische Veränderung entwickelt sich äusserst langsam im Verhältniss zu der Geschwindigkeit, mit welcher die katelektrotonische entsteht. — Mit der Unterbrechung des polarisirenden Stromes tritt zunächst ein Umschlag in die entgegengesetzten Modificationen ein, dann erst stellt sich allmälig die normale Erregbarkeit wieder her. — Erregt wird nach Pflüger eine gegebene Nervenstrecke durch das Entstehen des Katelektrotonus und das Verschwinden des Anelektrotonus, nicht aber durch das Verschwinden des Katelektrotonus und

[1]) Die Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig 1858. S. 122.

[2]) Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus. Berlin 1859. Ferner: Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Bonn 1865 und Disquisitiones de sensu electric. Bonn 1865.

das Entstehen des Anelektrotonus. — Obwohl die Erregung vor Allem abhängt von den Schwankungen der Dichte des die Nerven durchfliessenden Stromes, so reagiren diese doch auch gleichwohl auf den Strom in beständiger Grösse.

v. Bezold[1]) hat die Pflüger'schen Anschauungen über die elektrische Nervenerregung in ihren Grundzügen befestigt und erweitert, und zugleich bewiesen, dass dieselben Gesetze, wie für die Erregung der Nervensubstanz auch für die direkte Erregung der Muskeln gültig seien. v. Bezold fasst die von ihm erlangten Resultate in folgende Sätze zusammen:

1) Die Substanz der Nervon und Muskeln geräth in den Zustand der Erregung nicht blos durch elektrische Dichtigkeitsschwankungen, sondern es ist wahrscheiulich, dass der in constanter Höhe in diesen Organen fliessende Strom fort und fort, so lange or in dieser Bahn strömt, den Molekularvorgang der Erregung erzeuge.
2) Der Molekularvorgaug der Erregung findet bei positiven Dichtigkeitsschwankungon, und während der Strom in constanter Höhe diese Organe durchströmt, zunächst und unmittelbar nur in der Gegend der nogativen Elektrode Statt, dagegen geräth die am positiven Pole befindliche Nerven- oder Muskelstrecke, wenn überhaupt, nur durch die Fortpflanzung des am negativen Pole hervorgebrachten Reizes in den erregten Zustand.
3) Der Molekularvorgang findot bei negativen Dichtigkeitsschwaukungen odor nach der Oeffnung der im Nerven oder Muskel fliessendon galvanischen Ströme zunächst uud direkt nur in der Gegend der positiven Elektrode Statt; diejenigen Nerven- oder Muskelquerschnitte, welche der negativen Elektrode benachbart waren, gerathen, wenu überhaupt, nur durch die Fortleitung der am positiven Pole entstandenen Reizung in den erregten Zustand.
4) Sind die Kettenströmo, deren Schliessung oder Oeffnung als Erregungsmittel dient, unter einer gewissen Stärke, so folgt der Molekularvorgang der Erregung in der Muskol- oder Nervonfaser nicht unmittelbar auf die positive oder negative Dichtigkeitsschwankung dos Stromes, welche der Schliessuug oder Oeffnung desselbon entspricht, sondern os vergeht eine von dor Stärke dieser Ströme abhängige, in einem umgekehrten Verhältnisse zu derselben stehende Zeit, bis dor Molokularvorgang dor Erregung anhebt.

Nicht die elektrische Dichtigkeitsschwankung ist es also in diesen Fällen, auf welche Muskel und Nerv mit dem Erregungsvorgange antworton, sondern im Falle der Stromesschliessung ist es das Fliessen des Stromes in constanter Höhe, das die Erregung bewerkstolligt, und im Falle der Stromesöffnung sind es die

---

[1]) A. v. Bezold, Untersuchungen über die elektrische Erregung der Nerven und Muskeln. Leipzig 1861.

noch einige Zeit nach der Oeffnung anhaltenden späteren Störungen des Gleichgewichts in diesen Organen, welche mit der Reizung verknüpft sind.

v. Bezold fand ferner durch Versuche über die Veränderungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Elektrotonus, dass die Fortpflanzung oder Leitung der Erregung nicht blos an und in der Nähe der positiven Elektrode herabgesetzt sei, wie dies schon Pflüger feststellte, sondern dass eine ähnliche Hemmung auch an der negativen Elektrode zu beobachten sei. Auch nach der Unterbrechung des Stromes konnte v. Bezold stets eine Zeit lang sowohl zur Seite der Anode als der Kathode verzögerte Fortpflanzung der Erregung nachweisen.

Diejenige Art der elektrischen Nervenerregung, welche aus fortwährenden Schwankungen der Dichtigkeit des erregenden Stromes sich zusammensetzt — die Reizungen durch Inductionsschläge — ist nach v. Bezold äusserst verwickelter Natur. Ein jeder Inductionsschlag setze sich zusammen aus mindestens 3 Akten, deren jeder eine besondere Analyse erheische: aus dem Anwachsen, aus dem constanten Fliessen und aus dem Abfallen der Stromesdichtigkeit v. Bezold vermuthet, dass der grosse Effect, der für die Erregung des sensiblen sowohl als des motorischen Endapparates durch diese Erregungsmethode erzielt werde, jedenfalls zum grössten Theil beruhe auf dem Umstande, dass bei dem kurzdauernden, in abwechselnder Richtung den Nerven durchfliessenden Inductionsstrome die Ausbildung der Nebenwirkungen, welche der längere Zeit in derselben Richtung fliessende galvanische Strom auf den Nerven ausübe, die Herabsetzung der Leitungsfähigkeit insbesondere viel geringer sei, als bei der Erregung durch den constanten Strom; dass also die an Ort und Stelle erzeugte Reizung unbehindert nach beiden Seiten hin sich fortzuflanzen fähig sei.

Zu ganz ähnlichen Resultaten in Betreff des constanten Stromes wie v. Bezold gelangte Fick[1]), der an dem trägen Muschelschliessmuskel experimentirte. Die Ergebnisse seiner Versuche lassen sich etwa dahin zusammenfassen:

Stromdichtigkeitsschwankung ist im Allgemeinen Reiz für den Muschelschliessmuskel wie für den Froschmuskel, jedoch darf die Geschwindigkeit dieser Schwankung nicht unter ein gewisses Maass sinken. Wird der Muskel ganz allmälig aus dem Zustande des Durchströmtseins in den des Nichtdurchströmtseins oder umgekehrt übergeführt, so bleibt die Zuckung aus.

Eine zweite Bedingung der elektrischen Reizung ist eine gewisse Dauer des elektrischen Zustandes, dessen Veränderung die erste Bedingung ist. Je kürzer die Dauer des elektrischen Zustandes ist, um so grösser muss die Stromstärke sein, wenn eine merkliche Reizung erzielt werden soll.

---

[1]) Adolf Fick, Beiträge zur vergleichenden Physiologie der irritablen Substanzen. Braunschweig 1863.

Der Werth des Reizes hängt endlich auch ab von dem absoluten Werth der Stärke des Stromes, dessen Schliessung oder dessen Oeffnung den Reiz hervorbringt.

Wundt[1]) hat neuerdings dem Gesetz der Nervenerregung auf Grundlage seiner Experimente einen neuen Ausdruck gegeben, welcher die scheinbaren Widersprüche zwischen dem Gesetze der Erregung des Bewegungsnerven und dem der Erregung des Empfindungsnerven und des Muskels zu beseitigen bestimmt ist:

„Die in Folge der Schliessung des Stromes eintretende äussere Erregung ist eine Funktion der erregenden und hemmenden Wirkungen, welche der Strom ausübt. Die positiven Werthe dieser Funktion liegen zwischen Zeitgrenzen eingeschlossen, die von der Stärke und Richtung des Stromes abhängen, so aber, dass die Funktion immer mit merklichen positiven Werthen auf eine kurze Zeit nach der Schliessung beginnt und nach einer längeren Zeit negative Werthe annimmt.

Die in Folge der Oeffnung des Stromes eintretende äussere Erregung ist eine Funktion erstens der erregenden Wirkungen, welche mit der Ausgleichung der während der Schliessung bestandenen Hemmungen verbunden sind, und zweitens der hemmenden Wirkungen, welche theils an der Anode zurückbleiben, theils an der Kathode sich anhäufen. Von der Geschwindigkeit jener Ausgleichung und von der Grösse der anodischen und kathodischen Hemmung hängt die Oeffnungserregung in ihrer Stärke, Dauer und in der Zeit ihres Eintritts ab. Sie fehlt, wo Hemmung nur langsam verschwindet (bei den schwächsten Strömen), ihr Eintritt ist verspätet, wo die während der Schliessung angesammelte Hemmung längere Zeit in merklicher Grösse angesammelt bleibt (nach längerer Schliessungsdauer aufsteigender Ströme), und ihre Dauer ist verlängert, wo die stark angesammelte Schliessungshemmung eine längere Zeit zu ihrer Ausgleichung nöthig hat (Oeffnungstetanus)."

Zu erwähnen sind endlich noch die einschlägigen Arbeiten von Hering[2]), Biedermann[3]) und Stricker[4]).

Wir sehen also, dass beim physiologischen Experiment am Nerv und Muskel der Reizeffekt von verschiedenen Momenten abhängt. Ausser der Differenz der Polwirkung ist von Wichtigkeit die Richtung, in welcher der constante Strom das reizbare Gefilde durchfliesst, und die Stärke des polarisirenden Stro-

[1]) Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren. I. Ueber Verlauf und Wesen der Nervenerregung. Erlangen 1871. p. 248 f.

[2]) Hering, Sitzungsber. der k. k. Akad. d. Wiss. Bd. 79, 1879.

[3]) Biedermann, Ebenda Bd. 79, 1879 und Bd. 83, 1881.

[4]) Stricker, Ebenda Bd. 84, 1881.

mes. Je nach der Stromstärke und der Richtung des Stromes fällt der Effect der Schliessung und Oeffnung des Stromes verschieden aus. Bei mittelstarken Strömen erregt der constante Strom eine Schliessungs- und Oeffnungs-Zuckung, in welcher Richtung er auch fliesse, während schwache Ströme sowohl in aufsteigender als in absteigender Richtung einwirkend, fast immer nur Schliessungs-Zuckung, starke Ströme dagegen in aufsteigender Richtung nur Oeffnungs-Zuckung, in absteigender Richtung fast immer nur Schliessungs-Zuckung hervorrufen.

Bei den sensiblen und Sinnes-Nerven verhält sich das Gesetz der elektrischen Empfindungen ganz in derselben Weise, es gewinnt jedoch dadurch einen entgegengesetzten Ausdruck, dass das die elektrische Erregung wahrnehmende Organ im Nerven-Centrum liegt; hier erzeugen schwache Ströme eine Schliessungs-Empfindung, starke Ströme eine Oeffnungs-Empfindung, wenn sie in absteigender Richtung fliessen. Dagegen steigt bei aufsteigender Richtung die Intensität der Schliessungs-Empfindung mit dem Wachsen der Stromstärke. Die elektrische Empfindung dauert übrigens während des Geschlossenseins an, wenn auch in geringerem Grade als beim Schliessen resp. Oeffnen der Kette und wächst während dieser Zeit proportional der Stromstärke.

Auch die Erregung motorischer Nerven bewirkt nicht immer nur Schliessungs- resp. Oeffnungs-Zuckung, sondern es erzielen auch Ströme von mässiger Intensität (etwa von der Stärke des Muskelstromes nach Pflüger) eine tetanische Contraction des Muskels.

Ebenso äussert sich die Erregung der Muskeln durch den constanten Strom nicht nur in Schliessungs- und Oeffnungs-Zuckungen, welche sich entsprechend dem Zuckungs-Gesetz verschieden verhalten je nach der Richtung und Stärke des Stroms, sondern auch in dauernder Contraction, solange der Strom fliesst (Wundt, v. Bezold). Nach Abtödtung der motorischen Nerven (durch Curare oder Coniindämpfe) bleiben die Schliessungs- und Oeffnungs-Zuckungen aus, und der Muskel reagirt alsdann auf den constanten Strom nur durch dauernde Contraction, welche somit als der dem Muskelgewebe als solchem zukommende Reizeffekt betrachtet werden kann.

Der Erregungsvorgang an glatten Muskeln, welche von dem constanten Strome durchflossen werden, äussert sich ebenfalls in dauernder Contraction, und diese macht dieselben Stadien — nur unendlich viel langsamer — durch, wie der quergestreifte Muskel.

Wenn nun hiernach das Fliessen des Stromes in constanter Höhe und bei einer gewissen Stärke des Stromes sowohl an den motorischen, sensiblen und Sinnesnerven als an dem quergestreiften und glatten Muskel von dem Erregungsvorgange begleitet ist, so muss auf der anderen Seite betont werden, dass die Reizwirkung der Stromdichtigkeitsschwankung eine im Allgemeinen viel bedeutendere ist.

Der Reizeffect der Dichtigkeitsschwankung hängt aber nach den oben berührten Untersuchungen wesentlich ab von der Geschwindigkeit der Schwankung, welche nicht unter ein gewisses Maass sinken darf, wenn ein Reizeffekt eintreten soll, ferner von der Dauer der veränderten Dichtheit, sowie endlich von der Stärke des Stromes, dessen Dichtigkeitsschwankungen als Reiz einwirken. Je mehr sich die Dauer des Durchströmtseins von Nerv oder Muskel dem Momentanen annähert, um so mehr muss die Stromstärke gesteigert werden, um denselben Reizeffekt zu erzielen, wie ihn vorher geringere Stromstärke und längere Dauer des Fliessens producirten.

Da aber im Muskel die elektrotonischen Veränderungen träger von Statten gehen, als im Nerven, so kann bei immer mehr gesteigerter Geschwindigkeit der Dichtigkeitsschwankung endlich ein Moment erreicht werden, wo der (selbstverständlich durch Curare dem Nerveneinfluss entzogene) träge Muskel nicht mehr erregt wird, während der motorische Nerv bei derselben Geschwindigkeit der Unterbrechung des Stromes erregt wird. Diese Thatsache, welche Brücke[1]) neuerdings gefunden hat, lässt sich unter pathologischen Verhältnissen an Nervenmuskelpräparaten constatiren, deren Nerv durch Ermüdung, Maltraitiren oder Degeneration leitungsunfähig geworden ist, wie dies von v. Bezold, Fick, Neumann u. A. beobachtet wurde; sie ist, wie wir später sehen werden, wichtig für das Verständniss gewisser Erregbarkeitsänderungen am Muskel und Nerv, welche wir in dem Capitel von der Entartungsreaction genauer besprechen werden.

Es bedarf endlich noch die Modification der Erregbarkeit des Nerven und Muskels besonderer Erwähnung, welche die Folge der Einwirkung des constanten galvanischen Stromes ist und vermöge ihrer nahen Beziehung zu pathologischen Verhältnissen eine besondere Aufmerksamkeit beansprucht.

---

[1]) Ueber den Einfluss der Stromesdauer auf die elektrische Erregung der Muskeln. Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. Bd. LVI., 2, 1867.

Wir haben gesehen, dass im Elektrotonus die Erregbarkeit des Nerven gesteigert ist an der negativen Elektrode, dagegen erniedrigt ist im Bereich der positiven Elektrode, und dass an beiden Polen diese Veränderung der Erregbarkeit auch in ihrer nächsten Nachbarschaft sowohl auf der intrapolaren als auf der extrapolaren Nervenstrecke nachzuweisen ist. Auf der intrapolaren d. h. zwischen beiden Polen gelegenen Nervenstrecke wächst das Gebiet des Anelektrotonus d. i. der Abnahme der Erregbarkeit mit der Stromstärke. Nach Pflüger ist nun der Anelektrotonus nicht nur von einer Abnahme der Erregbarkeit, sondern auch der Leitungsfähigkeit gefolgt. Nach v. Bezold dagegen ist die Hemmung des Leitungsvermögens auch durch den Katelektrotonus bedingt. Die Erregbarkeitsveränderung des Muskels im Elektrotonus ist nach v. Bezold durchaus auf die intrapolare Strecke beschränkt. Dasselbe gilt auch von der Hemmung der Leitung, welche sich ebenfalls im elektrotonisirten Muskel nachweisen lässt.

Hat der galvanische Strom eine Zeitlang auf den Nerven in ziemlicher Stärke eingewirkt, so versetzt er denselben, wie es Rosenthal[1]) zuerst formulirt hat, in einen Zustand, in welchem er für die Schliessung desselben Stromes, der ihn durchflossen hat, unerregbar ist, dagegen auf die Oeffnung desselben Stromes mit einer starken und ziemanhaltenden Erregung reagirt. Die letztere wird verstärkt oder tritt von Neuem ein, wenn ein entgegengesetzt gerichteter Strom geschlossen wird, nimmt dagegen ab oder bleibt aus, wenn derselbe geöffnet wird.

Wundt[2]) hat diese Modificationen der Erregbarkeit durch den galvanischen Strom mit den allgemeinen Gesetzen der Nervenerregung in nähere Beziehung gebracht, indem er nachwies, dass jeder Strom mit der Zeit eine Veränderung herbeiführen muss, bei der die hemmenden den erregenden Kräften überlegen sind, dass der schwächere Strom nach längerer Zeit die nämliche Veränderung herbeiführt, welche der starke Strom sogleich erzeugt, dass somit unter gewissen Bedingungen Stromstärke und Stromesdauer einander äquivalent sind.

Derselben Categorie von Erscheinungen gehört offenbar auch die erfrischende Wirkung an, welche der constante Strom auf den Erregungszustand des ermüdeten Muskels übt. Heiden-

---

[1]) Monatsbericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin. 1857. Dec. S. 840.

[2]) Ueber Verlauf und Wesen der Nervenerregung. 1871. S. 253.

hain[1]) fand zuerst, dass der constante Strom bei längerer Einwirkung auf den ermüdeten Muskel eine Erfrischung desselben hervorriefe, d. h. die herabgesetzte Erregbarkeit aufbessere, ja selbst in einem bereits abgestorbenen Muskel die verloren gegangene Erregbarkeit wieder herstelle. Heidenhain fand ferner, dass die Richtung des Stromes auf die Intensität dieses Effektes von wesentlichem Einflusse sei, indem der aufsteigende Strom eine kräftigere und anhaltendere Erfrischung des Muskels setze, als der absteigende. In jedem Falle aber wird der Muskel durch den erfrischenden Strom nur erregbar für die Oeffnung des gleichgerichteten und für die Schliessung des entgegengesetzt gerichteten Stromes — eine Erscheinung, welche in vollständiger Harmonie mit den ebenbesprochenen Phänomenen am Nerven steht und sich auf die allgemeinen Gesetze der polarisirenden Wirkungen des galvanischen Stromes auf den Zustand der Erregbarkeit von Nerv und Muskel zurückführen lässt.

Versuche über den Elektrotonus am lebenden Menschen.

Gerade durch die modificirende und erfrischende Wirkung des polarisirenden Stromes, welche sich in pathologischen Fällen der Beobachtung der Elektrotherapeuten schon längst aufgedrängt hatte, wurde der Versuch nahe gelegt, das Zuckungsgesetz, wie es aus den physiologischen Versuchen am Froschpräparat hervorgegangen war, am Nerven des lebenden Menschen zu prüfen und zur Anschauung zu bringen. Remak[2]) suchte die Erregbarkeitssteigerung, welche er als eine Folge labiler Anwendung des galvanischen Stromes auf den Nerven des Menschen beobachtete, ganz allgemein mit den Gesetzen des Elektrotonus in Verbindung zu bringen. Diese Verbindung blieb indessen nur eine sehr lockere, indem Remak einerseits nur von Steigerung der Erregbarkeit spricht, welche er durch labil eingeleitete, also in ihrer Dichte fortwährend schwankende galvanische Ströme sowie auch durch schwache Inductionsströme erzielte, andrerseits der Möglichkeit Ausdruck giebt, dass diese Zunahme der Erregbarkeit etwa einer Verminderung der Widerstände in der Haut, z. B. durch

---

[1]) Heidenhain, Physiologische Studien. Berlin 1856. Ueber Wiederherstellung der erloschenen Erregbarkeit durch constante galvanische Ströme S. 56.

[2]) Galvanotherapie S. 92 ff.

die inzwischen entstandene Hyperämie oder die Durchtränkung der Epidermis und Füllung der Schweissdrüsentrichter, also rein physikalischen Momenten ihre Entstehung verdanke.

Nachdem Fick[1]) auf Grund von Versuchen an dem eigenen Nervus ulnaris zu dem Resultat gekommen war, dass sich merkliche Erscheinungen des Elektrotonus durch den constanten Strom am lebenden Menschen nicht hervorbringen liessen, unterwarf Eulenburg[2]) diesen Gegenstand einer eingehenden Untersuchung.

Er bemühte sich, das Vorhandensein des Elektrotonus in der peripherischen extrapolaren Nervenzone, also des absteigenden extrapolaren Anelektrotonus und des absteigenden extrapolaren Katelektrotonus zu constatiren und bediente sich zu diesem Zwecke folgender Methode: Als Maassstab für die polarisirende Wirkung des galvanischen Stroms am Bewegungsnerven diente die Zuckung des vom letzteren innervirten Muskels, welche durch den Inductionsstrom als zuckungserregenden Reiz angeregt wurde. Vor der Polarisirung des Nerven wurde das Zuckungsminimum resp. die für die schwächste Zuckung nothwendige Stromstärke am Schlittenapparat festgestellt und dann während der Polarisation und nach Beendigung derselben wieder gemessen. Aus der Abnahme oder Vergrösserung der minimalen, zuckungserregenden Stromstärke schloss Eulenburg auf eine Abnahme oder Zunahme der Erregbarkeit, auf die Anwesenheit des absteigenden extrapolaren Anelektrotonus resp. Katelektrotonus.

Diese Versuche ergaben eine vollständige Uebereinstimmung mit den physiologischen Thatsachen. Es muss indessen hier auf eine physikalische Fehlerquelle aufmerksam gemacht werden, welche in den Eulenburg'schen Versuchen nicht vermieden erscheint. Nach dem von dem genannten Autor gegebenen Schema wird die zuckungprüfende Reizung in nächster Nähe des Muskels durch die negative Elektrode des Oeffnungsinductionsstroms vorgenommen, während die positive Elektrode mit grosser Platte auf dem Sternum steht. Zwischen beide ist der den Nervenstamm polarisirende constante Strom eingeschaltet. Es wird somit, wenn beide Ströme gleichzeitig einwirken, eine gegenseitige Beeinflussung derselben nothwendig eintreten müssen und zwar wäre dieselbe in folgender Weise zu denken:

Da die Richtung des Oeffnungsinductionsstromes immer dieselbe, nämlich die absteigende ist (Anode am Sternum, Kathode am Muskel), so wird der absteigende also in derselben Richtung fliessende galvanische Strom die Stärke des Inductionsstroms erhöhen, dagegen der in entgegengesetzter Richtung, also aufsteigend fliessende constante Strom der Intensität des Inductionsstroms entgegenwirken, sie vermindern. Es kann deshalb eine Veränderung des Zuckungsminimums während des Fliessens des galvanischen Stroms ganz wohl von diesen physikalischen Momenten allein abhängig gedacht werden.

Und dass es sich in der That so verhält, glaube ich mit folgendem Versuche beweisen zu können. Wenn ich nach Feststellung des Zuckungsminimums am Me-

[1]) Medicinische Physik, II. Aufl. 1866. S. 377.

[2]) Ueber elektrotonisirende Wirkung bei percutaner Anwendung des constanten Stromes auf Nerven und Muskeln. D. Archiv f. klin. Med. 1867. Bd. III. S. 117 ff.

dianusaste für den Musculus oppenens pollicis durch den negativen Pol des Oeffnungsinductionsstroms (den positiven Pol auf dem Sternum fixirt) den galvanischen Strom auf den Medianus in der Nähe der Handwurzel und am Oberarme einleite, so erhalte ich allerdings die von Eulenburg beschriebenen Veränderungen in der Zuckung des M. oppenens pollicis, nämlich eine erhebliche Steigerung der Zuckung, während der polarisirende Strom absteigt, und eine geringe Abschwächung der Zuckung, wenn der constante Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Medianus fliesst. Ich erhalte aber diese Veränderungen der Muskelzuckung auch dann, wenn ich die Elektroden des galvanischen Stromes einige Centimeter nach links oder nach rechts vom Medianus verschiebe, und da wir nach den oben gepflogenen Erörterungen über den Leitungswiderstand der Nerven im Verhältniss zu dem des Muskels und Bindegewebes nicht wohl annehmen können, dass der Medianus noch ferner polarisirt wird, wenn sich die Elektroden 2—3 Ctm. nach rechts oder links von ihm entfernt haben, so kann ich nicht umhin, die Vermuthung auszusprechen, dass es sich bei den Eulenburg'schen Versuchsresultaten um ein physikalisches Phänomen. nämlich um eine Vermehrung oder Verminderung der Stromintensität, und nicht um eine physiologische Erscheinung, nämlich um einen positiven und negativen Erregbarkeitszuwachs im Medianus, handelt.

Es finden freilich auf diese Weise nicht alle Erscheinungen, welche Eulenburg fand, insbesondere nicht die nach dem Oeffnen der polarisirenden Kette noch kurze Zeit bestehenden Modificationen der Erregbarkeit ihre Erklärung.

Erb[1]) hat die Versuche in der Weise wiederholt, dass er den polarisirenden Strom an dem eigenen Nervus ulnaris am Oberarm eingeleitete, und den zuckungsprüfenden Inductionsstrom mit beiden, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Centimeter von einander entfernten Polen am Vorderarme in der Nähe der unteren polarisirenden Elektrode aufsetzte. Erb erhielt zu seiner Ueberraschung bei dieser Anordnung der Versuche Resultate, welche dem Pflüger'schen Gesetze sich geradezu entgegengesetzt verhielten; der Katelektrotonus wirkte herabsetzend, der Anelektrotonus erhöhend für die Erregbarkeit des motorischen Nerven gegen Inductionsströme von der secundären Spirale.

Bei der Besprechung dieser Ergebnisse im naturhistorisch-medicinischen Vereine zu Heidelberg sprach Helmholtz die Ansicht aus, „dass wohl die Lagerung des Nerven in dem nicht verletzten Körper die Ursache der beobachteten Abnormitäten enthalten möchte. Weil der Nerv in Verbindung mit einer verhältnissmässig grossen Masse gutleitenden Gewebes sei, müsse die Stromdichtigkeit mit der Entfernung von den Elektroden rasch abnehmen. Während natürlich

---

[1]) Ueber elektrotonische Erscheinungen am lebenden Menschen. D. Arch. f. klin. Medicin. Bd. III. S. 238 u. 513.

unter den polarisirenden Elektroden die Stromdichtigkeit am grössten sei in dem Nerven, nehme dieselbe wegen der Umhüllung des Nerven mit feuchten Leitern so rasch ab, dass schon in geringer Entfernung von den Elektroden dieselbe als für den Nerven wirkungslos betrachtet werden könne. Schon in geringer Entfernung vom positiven Pol also sei die Stromdichtigkeit so gering, dass man ohne Fehler annehmen könne, der Strom trete hier aus dem Nerven aus — mit anderen Worten, es befinde sich daselbst der negative Pol. Man wird somit schon in geringer Entfernung von dem einen Pol die Wirkungen des entgegengesetzten Pols nachweisen können. In den oben mitgetheilten Versuchen wird man demnach, wenn man die erregende Elektrode nicht nahe genug an die polarisirenden Elektroden heranbringen kann, in der Nähe der Anode die Erscheinungen des normalen Katelektrotonus erhalten, in der Nähe der Kathode die des normalen Anelektrotonus".

Zur Prüfung dieser Voraussetzung wählte Erb eine Versuchsanordnung, welche es ermöglichte, den Reiz an der Stelle der grössten Stromdichtigkeit, nämlich innerhalb des Rayons der polarisirenden Elektroden selbst einwirken zu lassen. Erb liess in eine messingne Elektrodenplatte eine ca. 1 Ctm. im Durchmesser haltende Oeffnung bohren und in diese eine kurze Glasröhre einkitten. Diese Glasröhre diente zur Einführung der feinen erregenden Elektrode des Inductionsstroms; indem sie an der Contactfläche der Elektrode etwas über die letztere hervorragte, trennte sie die Schwammkappe der Platte von jener der feinen erregenden Elektrode genügend. Wurde nun die Spitze der letzteren in genaue Berührung mit dem Nerven gebracht, und der Inductionsstrom auf den Rücken des Vorderarms, der constante aber am Oberarm auf den Ulnaris geschlossen, so fand die Erregung jedenfalls mitten in dem von dem einen oder anderen Pole elektrotonisirten Bezirk des Nerven Statt.

Bei dieser Anordnung der Versuche erhielt nun Erb Resultate, welche durchaus mit dem Pflüger'schen Gesetze in Einklang stehen, nämlich Erhöhung der Erregbarkeit im katelektrotonischen, Herabsetzung derselben im anelektrotonischen Bezirke.

P. Samt[1]) betrachtet die Nervenverschiebung, welche beim

---

[1]) Der Elektrotonus am Menschen. Diss. inaug. Berlin 1868.

Ansetzen und Abnehmen der polarisirenden Elektroden unvermeidlich sei, ferner die Modification der Erregbarkeit durch den Druck der polarisirenden Elektroden, sowie die Steigerung der Erregbarkeit durch den reizenden Inductionsstrom selbst (welche nach Samt's Controlversuchen eine Differenz des Rollenabstandes bis zu 4 Ctm. zu Wege brachte) als wichtige Fehlerquellen bei den früheren Versuchen, deren Vermeidung unbedingt nöthig sei, um allgemein gültige Resultate zu erhalten. Er wählte deshalb bei seinen Experimenten Anordnungen, durch welche er die bezeichneten Mängel zu beseitigen glaubte. .

Bei Samt's Versuehen waren die polarisirenden Elektroden in einer Entfernung von 5 Ctm. mit einander unbeweglich verbunden und bereits vor der Prüfung des Zuckungsminimums (durch den Inductionstrom) am Oberarm über dem Medianus oder Ulnaris (natürlieh bei geöffneter Kette) applicirt. Der negative Pol des Oeffnungsinductionsstroms stand mit kleiner Contaetfläche oberhalb des Ellenbogengelenks, der positive Pol stand als grössere Platte bei der Prüfung des Medianus unterhalb der Ellenbeuge in dem Raume zwisehen Pronator teres und Supinator longus, bei der Prüfung des Ulnaris dieht oberhalb des Carpalgelenkes zwischen Flexor carpi radialis und ulnaris.

Was zunächst den extrapolaren Anelektrotonus anbetrifft, so sah Samt einen negativen Erregbarkeitszuwachs sich während der Polarisation entwickeln und zwar mit ziemlicher Trägheit. Die Intensität desselben war sehr ungleich, zuweilen kaum bemerklich und nicht selten durch den positiven Zuwachs, welcher eine Wirkuug des reizenden Induetionsstroms war, ganz verdeckt. Die Muskelcontraction, welehe von der stark anelektrotonisirten Nervenstrecke ausgelöst wird, ist sehr charakteristisch. Sie folgt nicht unmittelbar dem Reize; sie erfolgt vielmehr langsam und träge, bald unregelmässig, bald sehr heftig, bald gar nicht. Der hemmende Einfluss des Anelektrotonus gestattet endlieh trotz der Reizung durch tetanisirende Ströme nur klonische Contractionen.

Im Moment der Oeffnung der polarisirenden Kette zeigte sich constant nur eine positive Modification, welehe Samt für das sicherste Criterium des Anelektrotonus hält. Hierauf erfolgte meist wieder eine negative und dann wieder eine positive Sehwankung.

Der extrapolare Katelektrotonus zeigt sich sehon bei schwachen Strömen, bricht mit dem Kettensehluss meist rapid in den Nerven ein und ist oft ebenso wie der Anelektrotonus von einem auffallenden Charakter der Muskeleontraetionen begleitet, indem bei einem gewissen Rollenabstand nieht mehr Tetanus, sondern nur noeh einzelne Zuckungen entstehen.

Im Moment der Kettenöffnung war eine negative Modification fast eonstant, und nur selten trat ein positiver Zuwaehs, vielleieht dureh den Induetionsstrom hervorgerufen, auf. Der negativen Sehwankung folgte meist eine kurze positive und daun wieder eine negative.

In einer grossen Reihe von Versuchen erhielt Samt starke Abweichungen von den eben angeführten, ja sogar nicht selten das gerade

Gegentheil. Samt ist nicht geneigt anzunehmen, dass der Strom ungleichmässig wirke, sondern er entscheidet sich für die Ansicht, dass das Paradoxe in den Erscheinungen seinen Grund in einer Inconstanz der Nervenmaterie habe. Diese Anschauung begründet er darauf, dass die paradoxen Resultate besonders häufig bei nervenkranken Individuen auftraten.

Weiter wurde diese Frage von Brückner[1]) einer experimentellen Prüfung unterworfen und durch neue Versuchsanordnungen die gegenseitige Beeinflussung der Pole des constanten und Inductionsstroms, welche ich schon früher bei der Prüfung der Eulenburg'schen und Erb'schen Versuche fand und oben kurz erwähnte, von Neuem constatirt.

Es ist insbesondere ein Versuch mit dem Hintereinanderschalten beider Ströme in einen Kreis, in welchen alsdann auch der Nerv eingeschaltet wurde, instructiv. Die Resultate dieses Experimentes sind: Bei gleicher Richtung des galvanischen und Oeffnungsinductionsstroms verstärkt sich die Wirkung des Inductionsstroms sehr bedeutend an beiden Polen, besonders am negativen. Eine Erhöhung und Verminderung dieses Effectes kann man durch Steigerung und Herabsetzung der Intensität sowohl des constanten als des inducirten Stromes hervorrufen. Bei entgegengesetzter Richtung sinkt der Reizeffekt des inducirten Stromes an beiden Polen sehr bedeutend, am stärksten am negativen Pol, und man kann es bei gleichbleibender mittlerer Stärke des Inductionsstromes durch langsame Steigerung des constanten Stroms dahin bringen, dass der Inductionsstrom gar nicht mehr wirkt, resp. nicht mehr empfunden wird.

Nach Brückner's Ansicht sind die angeführten Erscheinungen nicht physikalischer, sondern physiologischer Natur. Die Gründe, welche Brückner für diese seine Ansicht anführt, erscheinen jedoch nicht als ausreichend.

Runge[2]) ist auf der von Brückner eingeschlagenen Bahn weiter gegangen und hat neben anderen Fragen vor Allem den gegenseitigen Einfluss der in gleicher oder entgegengesetzter Richtung zu einander verlaufenden constanten und Inductionströme studirt.

Die wichtigsten Resultate der zum Theil sehr complicirten Versuche sind folgende: Verbindet man Batterie- und Inductionsstrom derart, dass je eine Elektrode von jedem der beiden Ströme einen Pol enthält, so wird die Wirkung

---

[1]) Ueber die Polarisation des lebenden Nerven im Menschen. Deutsche Klinik. 1868. No. 41 und 42.

[2]) Der Elektrotonus am lebenden Menschen. D. Archiv f. klin. Medicin. Bd. VII. S. 356. 1870.

des Inductionsstromes in dieser Elektrode durch den Batteriestrom erhöht, wenn gleichnamige Pole verbunden sind; dagegen abgeschwächt, wenn ungleiche Pole vereinigt sind. Dies gilt sowohl für motorische als für sensible Nerven.

Sehr hübsch und leicht anstellbar ist folgender Versuch, welchen Runge mittheilt. Die Spitzen zweier Finger werden jede auf eine Elektrode des Inductionsstromes gelegt, z. B. Zeigefinger auf die positive, Mittelfinger auf die negative. Nun wird die Inductionsrolle eingeschoben, bis Kriebeln entsteht und dann die Mitte beider Finger auf eine breite Elektrode des constanten Stromes gelegt, während dessen die andere Elektrode irgendwo am Rumpfe aufgesetzt wird. Enthält nun die Elektrode, auf welcher beide Finger liegen, die Anode, so verstärkt sich das Kriebeln im Zeigefinger (+ Ind.-Str.), während es im Mittelfinger abnimmt. Liegen die Finger auf der Kathode, so steigert sich umgekehrt das Kriebeln im Mittelfinger (— Ind.-Str.) und sinkt im Zeigefinger.

Runge sieht die Ursache dieser Erscheinungen nicht in einer gegenseitigen Beeinflussung der Ströme in ihrer physikalischen Intensität, sondern in einer Veränderung der Spannungsdifferenzen an den Polen, insofern die zusammentreffenden gleichnamigen elektrischeu Spannungen sich addiren, ungleichnamige zum Theil sich compensiren, also subtrahirt werden müssen. Von einem Katelektrotonus und Anelektrotonus im Sinne Pflüger's kann hier nicht die Rede sein.

Runge schliesst seine Arbeit mit folgenden Sätzen:

„Eine Einwirkung des constanten Stromes, welcher eine gewisse Nervenstrecke durchfliesst, auf die Erregbarkeit dieses Nerven für andere als elektrische Reize lässt sich am lebenden unversehrten Körper ebensowenig nachweisen, wie dieselbe bisher am Froschpräparate nachgewiesen worden ist.“

„Da die Nervenstrecke, welche auf und abwärts vom negativen Pole eines constanten Stromes und demselben zunächst liegt (sich nach der Theorie Pflüger's im Katelektrotonus befindet) nicht gegen jeden elektrischen Reiz, sondern nur gegen den Reiz des negativen Inductionsschlages erhöhte Erregbarkeit zeigt, während ihre Erregbarkeit für den positiven Inductionsschlag vermindert ist; da ferner die nach der Theorie im Anelektrotonus befindliche Strecke gegen positive elektrische Schläge erhöhte Erregbarkeit und nur gegen negativ-elektrische verminderte zeigt, so lässt sich das Verhältniss am einfachsten so ausdrücken: Nervenstrecken, welche unter dem Einfluss (in nächster Umgebung) einer Elektrode des constanten Stromes stehen, welcher eine gewisse Körperstrecke durchfliesst, sind erregbarer für Inductionsschläge, deren elektrische Beschaffenheit der Elektrode des constanten Pols gleichnamig ist, als für ungleichnamige.“ Dieser Satz gilt natürlich nur unter gehöriger Berücksichtigung des normalen Uebergewichtes des negativen Inductionsschlages. — Ein Einfluss der Richtung des elektrotonisirenden Stromes auf die Erregbarkeit ist nach Runge beim Menschen durchaus nicht nachweisbar. Was er gefunden hat, will er nur als polare Effecte der Elektroden ansehen.

Hiermit stellt sich Runge auf den Boden, welchen Brenner seit dem Jahre 1863 eingenommeu hat.

Brenner hat seit seinem ersten Aufsatze in der Petersburger med. Zeitschrift im Jahre 1862 unablässig die Ansicht vertreten, dass die Wirkungen des constanten Stromes lediglich polare seien und dass die Richtung des Stromes, ob auf- oder absteigend, hierbei ganz ohne Bedeutung sei. Die Endergebnisse seiner Studien über die Wirkung des constanten Stromes auf die motorische Faser des gesunden unverletzten Menschen hat Brenner (Elektrotherapie etc. Bd. II., S. 77 ff.) in folgenden Sätzen zusammengefasst:

1. Die Möglichkeit, einen elektrischen Strom in einer bestimmten Richtung durch einen Nerven oder Muskel des unverletzten menschlichen Körpers zu leiten, entbehrt der methodischen Zuverlässigkeit. (Dieser Satz dürfte nach den oben mitgetheilten Versuchen von Burckhardt und mir über die Stromrichtung nicht mehr stichhaltig sein. Z.)

2. Die physiologische Wirkung der beiden Pole ist ebenso verschieden als die chemische, und es kommt, bei ungleichnamigen Ansatzpunkten der beiden Elektroden, immer die Wirkung derjenigen ausschliesslich oder vorwiegend zur Erscheinung, welche dem physiologisch differenten, dem erregbareren (d. h. dem Centrum näher gelegenen) Ansatzpunkte entspricht.

3. Je geringer der Unterschied beider Ansatzpunkte in Bezug auf die Erregbarkeit (Anspruchsfähigkeit) ist, um so mehr vermischt sich die Wirkung der einen Elektrode mit der der anderen; und insbesondere bei den höheren Sinnesnerven lässt es sich nachweisen, dass, wenn jener Unterschied ein verschwindend kleiner ist, die Wirkungen der beiden Elektroden sich gegenseitig aufheben.

4. Aus diesen Gründen muss man bei der elektrischen Untersuchung und Behandlung den das Objekt derselben bildenden Nerven möglichst unter den Einfluss derjenigen Elektrode versetzen, deren specifische Wirkung dem Zwecke der Untersuchung oder Behandlung entspricht.

5. Die Schliessungszuckung hängt von der Kathode, die Oeffnungszuckung von der Anode ab; während der Stromesdauer zeigt sich im Bereiche der Kathode erhöhte, im Bereiche der Anode herabgesetzte, nach der Kettenöffnung im Bereiche beider Elektroden erhöhte Erregbarkeit.

6. Es ist wohl zu berücksichtigen, dass im Bereiche jeder einzelnen Elektrode die dieser zukommenden Wirkungen nicht ausschliesslich auftreten, sondern dass im Bereiche der differenten Elektrode in

geringerem Grade auch die Wirkungen der anderen Elektrode Platz greifen.

7. Die im Bereiche jeder einzelnen Elektrode während des Kettenschlusses und bei der Oeffnung auftretenden Wirkungen sind entgegengesetzter Natur, und durch den Kunstgriff des Ein- und Ausschleichens kann jede von beiden Wirkungen unbeschadet der anderen verringert oder ganz ausgeschlossen werden.

8. Sowohl für die Qualität des Reizeffektes, als für den Modus, in welchem derselbe auftritt, ist es vollkommen gleichgültig, an welchem Theile der Kette die Schliessung und Oeffnung ausgeführt wird. Dagegen findet ein höchst erheblicher Unterschied in der Quantität des Reizeffektes statt, je nachdem die Schliessung und Oeffnung im metallischen Theile oder am Körper vorgenommen wird.

Filehne[1]) hat sich der Aufgabe unterzogen, durch experimentelle Untersuchungen eine Vermittlung zwischen dem Zuckungsgesetz der Physiologen und den von Brenner aufgestellten Grundzügen der polaren Methode anzubahnen. Durch die Anordnung seiner Versuche suchte Filehne möglichst die Verhältnisse, wie sie am unverletzten lebenden Menschen bestehen, wieder zu geben, und es gelang ihm auf diese Weise eine Uebereinstimmung zwischen Brenner's und Pflüger's Gesetz durch den Nachweis herzustellen, dass die Effekte der Kathode den aufsteigenden Strömen, die Effekte der Anode den absteigenden Strömen der Physiologen entsprechen.

Filehne wies ferner durch Versuche nach, dass die Reizung mit einer Elektrode (indem nämlich die zweite Elektrode der ersten reizenden gegenüber und vom Nerven durch Muskelmassen getrennt steht) sich so verhielte, als ob die andere Elektrode sich gleichzeitig oberhalb und unterhalb, d. h. nach dem Centrum und der Peripherie zu, von der Reizungsstelle befände.

Nachdem die Uebereinstimmung des Zuckungsmodus am Menschen und am Froschpräparate nachgewiesen war, suchte Filehne diese Uebereinstimmung auch für den dritten Grad der Pflüger'schen Zuckungsformeln herzustellen. Für diese besteht am Menschen keine Beobachtung, weil übermässig starke Ströme nöthig sind. Filehne benutzte deshalb andere Säugethiere (Kaninchen) für diese Versuche

---

[1]) Die elektrotherapeutische und physiologische Reizmethode. D. Arch. f. klin. Med. VII. S. 575 u. ff.

und constatirte auch hier Uebereinstimmung. Zugleich zeigte sich, dass bei starken Strömen, wenn beide Elektroden dem Nerven anliegen, die untere (peripherische) Elektrode die allein wirksame, bestimmende ist, während es sich bei schwächeren Strömen so verhält, wie Brenner angibt, dass der Reizeffekt von der oberen, also central stehenden (differenten) Elektrode ausgeht.

Ich habe mich auch viel mit Elektrotonusversuchen an mir selber und an intelligenten Versuchspersonen abgemüht, ohne zu constanten Resultaten zu kommen. Auch E. Remak[1]) kommt nach einer Reihe der mühevollsten Versuche, die mit aller erforderlichen Umsicht und Accuratesse angestellt wurden, zu dem Schlusse, dass es gerathen sei, von derartigen Versuchen am Menschen als aussichtslos ganz abzustehen.

Die complicirten Verhältnisse am Lebenden und besonders die Umhüllung des Nerven mit gut leitenden Geweben bieten sehr wesentliche Hindernisse für ein exactes physiologisches Experiment. Dann sind auch die physikalischen Verhältnisse, die wir gesehen haben, sehr verwickelter Art, indem einerseits, wie wir später sehen werden, ein absoluter Erregbarkeitsgrad des Nerven wegen der raschen Veränderungen im Leitungswiderstande der Haut garnicht festzustellen ist, vielmehr durch die Abnahme des Leitungswiderstandes bei gleichbleibenden Stromstärken ein rasches Anwachsen der Reaction unausbleiblich ist, da andererseits bei der gleichzeitigen Anwendung des constanten (polarisirenden) und des inducirten (erregbarkeitsprüfenden) Stromes eine gegenseitige Beeinflussung derselben nicht ausgeschlossen und die erregbarkeitssteigernde Wirkung des faradischen Stromes auf den Nerven, dessen Erregbarkeitszustand er nur prüfen soll, nicht vermieden werden kann. Diese Schwierigkeit würde nur dann gehoben werden, wenn es gelänge, für die Prüfung der Erregbarkeitsveränderungen einen andern Reiz als den elektrischen zu finden. Hierzu ist aber wenig Aussicht vorhanden, denn der Willensreiz ist der Natur der Sache nach nicht zu verwerthen, und mechanische oder thermische Reize lassen sich am motorischen Nerven des Menschen ebensowenig

---

[1]) E. Remak, Ueber modificirende Wirkungen galvanischer Ströme auf die Erregbarkeit motorischer Nerven des lebenden Menschen. D. Archiv f. klin. Medicin. XVIII. S. 264. 1876.

wie die chemischen Reize der Physiologen anwenden. Das Thierexperiment muss uns hier genügen.

In Bezug auf die Richtung des Stromes und seine Bedeutung bei der Einleitung galvanischer Ströme in den menschlichen Körper sind wir von einer sichern Anschauung noch weit entfernt. Die hohe Bedeutung, welche die Physiologie der Richtung des Stromes im Nerven beimisst, und die Entschiedenheit, mit welcher einzelne Elektrotherapeuten (Remak, Benedikt), für diese Bedeutung auch bei der Anwendung des galvanischen Stromes am Menschen aufgetreten sind, während andere (Brenner) dieselbe ganz in Abrede stellen, macht ein weiteres Studium dieses Gegenstandes nöthig. Vorläufig ist in dieser Beziehung durch die oben angeführten Versuche von Burckhardt und von mir soviel festgestellt, dass man dem Strom an der menschlichen Leiche und am lebenden Thiere sowohl in den Nerven als in den Centralorganen des Nervensystems eine bestimmte Richtung anweisen kann und es erscheint mir nicht unmöglich, dass die Elektrotherapie in Zukunft auch der Stromrichtung wieder grössere Aufmerksamkeit zuwenden und von derselben manche Aufschlüsse erhalten wird.

Am meisten gesichert sind unsere Kenntnisse über die Differenz in der Wirkung der beiden Pole. Die von Helmholtz aufgestellte und von Erb und Filehne experimentell bestätigte Anschauung von dem Zustandekommen und dem gegenseitigen Verhältniss von Kathoden- und Anodenwirkung lässt sich am Lebenden in folgender Weise demonstriren. Setzt man den negativen Pol auf einen relativ sicher zu isolirenden Nerven auf und schliesst mit der Anode an indifferenter Stelle, so erhält man beim Schluss der Kette eine KaSZ im Bereiche des gereizten Nerven, beim Oeffnen eine Zuckung nicht in dem Gebiete des direkt gereizten Nerven, sondern in den denselben umgebenden Muskelmassen (peripolare anelektrotonische Zone).

Prüft man auf dieselbe Weise nach Stromwendung bei geöffneter Kette die Reizwirkung der Anode, so erhält man durch Schliessen der Kette wieder Zuckungen der Umgebung (peripolare katelectrotonische Zone).

Erb und de Watteville haben für diese Helmholtz'sche Auffassung schematische Darstellungen gegeben, von welchen wir die des letzteren der genannten Autoren hier reproduciren wollen.

Das Schema erklärt sich von selbst. Ein Versuch mit unipolarer Reizung eines relativ wohlisolirten Nervenstammes wird dem Anfänger die scheinbar so complicirten Verhältnisse leicht verständlich machen.

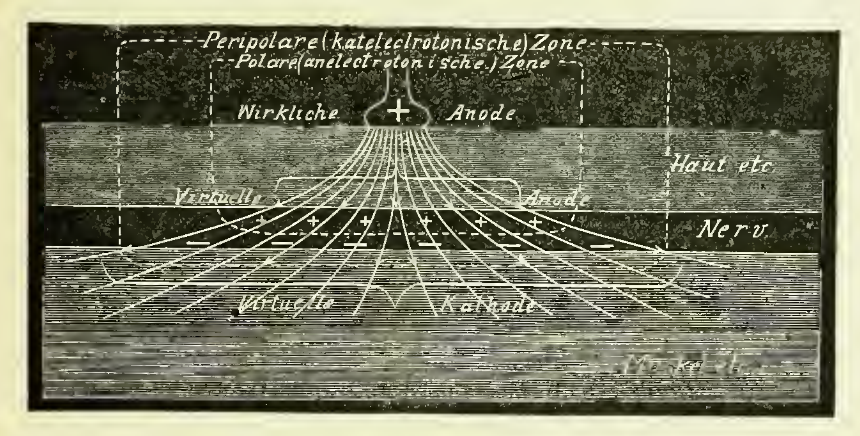


Fig. 1.
Schema der polaren und peripolaren Zone. Nach de Watteville.

In dieser Beziehung verdanken wir von allen neueren Arbeiten denen Brenner's am meisten; seine Studien über die polaren Wirkungen des constanten Stromes am gesunden und kranken Nerven haben die Bahn gebrochen für ein ebenso wissenschaftliches als gewissenhaftes Studium dieser Materien. Spruchreif aber ist von allen diesen Fragen zur Zeit noch keine.

Physiologische Wirkungen der Elektrisirung der Nerven und Muskeln am lebenden Menschen.

Wir begeben uns nun zurück zu der Betrachtung derjenigen Erscheinungen, welche bei der elektrischen Reizung der Nerven und Muskeln des menschlichen Körpers unmittelbar in die Erscheinung treten.

Die **Nerven** antworten auf den elektrischen Reiz mit einer Aeusserung ihrer Function. Der motorische Nerv reagirt mit Contraction der von ihm innervirten Muskeln, der sensible mit Schmerzempfindung

im Bereich seiner ganzen peripherischen Ausbreitung; beim gemischten Nerven zeigen sich beide Effekte, währenddem die Sympathicusreizung von Veränderungen an den Blutgefässen und von Verkürzungen anderer glatter Muskelfasern gefolgt ist.

Reizung eines motorischen Nerven durch einen Inductionsstrom erzeugt, eine genügeude Stromintensität und -Dichte vorausgesetzt, eine tonische Coutraction des betreffenden Muskels, welche eben so lange als die Faradisirung dauert. Die dauernde Erregung des Nerven und somit auch die tonische Muskelcontraction muss man sich aus einer Reihe einzelner äusserst schnell auf einander folgender Reizungen und Contractionen bestehend denken; sie ist immer Folge der Schliessung und Oeffnung der Kette und kann faktisch in eine Reihe einzelner, rasch auf einander folgender Verkürzungen zerlegt werden, wenn man durch besondere Vorrichtungen am Apparat die Unterbrechungen des Stromes sehr retardirt. Alsdann entspricht sowohl der Schliessung als der Oeffnung der Kette je eine Contraction und zwar fällt die Oeffnungszuckung stärker aus als die Schliessungszuckung.

Diese Erscheinung erklärt sich aus der verschiedenen Dauer des Schliessungs- und Oeffnungsstromes. Der durch die Schliessung des Stromes in der Spirale entstehende Extrastrom wirkt auf die Entwicklung des in der secundären Spirale inducirten Stromes verzögernd und schwächeud eiu, so dass man dieselbe als ein allmäliges Anschwellen von Null bis zum Maximum bezeichnen kaun. Dagegen hat der durch die Oeffnung des Stromes in der secundären Spirale entstehende und in entgegengesetzter Richtung zum Schliessungsinductionsstrom verlaufende Oeffnungsstrom einen viel rascheren Verlauf vom Maximum zu Null, weil hier der Extrastrom in Folge der Oeffnung der Kette gar nicht zur Entwicklung kommt, folglich auch nicht hemmend auf die Abgleichung des Stromes einwirken kann. Obwohl also beide Ströme dieselben Elektricitätsmengen führen und die Magnetnadel der Boussole gleich stark ablenken, so ist doch ihre physiologische Wirkung eine verschieden starke.

Dieses Ueberwiegen des Oeffnungsstromes zeigt sich nun auch dann, wenn, wie dies bei der gewöhulichen Anwendung des Inductionsstroms der Fall ist, die Unterbrechungen so rapid auf einander folgen, dass der Reiz nahezu perpetuirlich auf den Nerven einwirkt, und dadurch ein Nachlass der Muskelcontraction oder gar ein vollständiger

Wechsel von Erschlaffung und Verkürzung unmöglich wird. Die Contraction des Muskels ist nun eine tonische; ihre Energie ist grösser, wenn der betreffende motorische Nerv von der negativen Elektrode, durch welche der Oeffnungsinductionsstrom den Körper verlässt, gereizt wird, als wenn er von dem positiven Pole erregt wird, an welchem der Oeffnungsstrom in den Körper eintritt.

Helmholtz hat eine Modification an der Unterbrechungsvorrichtung des Magnetelektromotors angebracht, welche die Differenz in dem Verlauf der Schliessungs- und Oeffnungsinductionsströme und damit die Verschiedenheit in der Intensität der physiologischen Wirkungen beseitigt[1]). Dieselbe besteht in der Einfügung einer Nebenschliessung, welche von der Messingsäule, die den Hammerstiel trägt, zu dem einen Ende der inneren Drahtspirale geht, während das andere Ende derselben zum Elektromagneten geht und von hier zu der mittleren Messingsäule und zum Element zurückkehrt. Durch diese Vorrichtung bleibt der Kreis der inneren Spirale andauernd geschlossen, sodass sich der Extrastrom in ihr stets entwickeln kann. In Folge dessen werden die in der secundären Spirale inducirten Ströme nicht nur absolut schwächer, sondern es wird nun auch der Oeffnungsinductionsstrom in seinem Verlaufe durch den zur Entwicklung kommenden Extrastrom verzögert und dadurch dem Schliessungsinductiousin Dauer und physikalischem Reizeffekt ziemlich gleich.

Diese Helmholtz'sche Modification findet man übrigens an den zu therapeutischen Zwecken construirten Apparaten nicht angebracht, und ich unterlasse es deshalb, auf den Gegenstand genauer einzugehen.

Hier sei dann noch eines Irrthums in Betreff einer Differenz zwischen der Wirkung des Extrastroms und des Inductionsstroms gedacht, welcher durch Duchenne[2]) vertreten wird. Dieser Autor machte an seinem Apparate die an sich ganz richtige Beobachtung, dass der Strom aus der innereu Rolle (Extrastrom) kräftiger auf die Sensibilität und Contractilität der unter der Haut gelegenen Organe, dagegen der Strom aus der äusseren Rolle (Inductionsstrom, auch wohl secundärer Inductionsstrom genannt) energischer auf die Sensibilität der Haut und auf die Retina wirke. Duchenne folgerte hieraus ganz allgemein, dass man, um möglichst schmerzlos Muskeln

---

[1]) Vergl. Wiedemann, Galvanismus. Bd. II. S. 773 und Rosenthal und Bernhardt, Elektricitätslehre für Mediciner. III. Aufl. S. 109.

[2]) L'Elektrisation localisée. II. Aufl. p. 22 ff.

und andere tiefer gelegene Organe zu reizen, den Strom aus der inneren Rolle nehmen, zur Reizung der Haut und der Retina aber den Strom aus der äusseren Rolle wählen solle.

Die Ursache dieser Erscheinung suchte Duchenne vergebens. Rosenthal[1]) findet den Grund der Verschiedenheit, welche Duchenne beobachtete, nur in zufälligen Umständen, welche in dem Bau seines Apparates begründet sind. „Die secundäre Spirale des Duchenne-schen Apparates“, sagt Rosenthal, „besteht aus sehr zahlreichen Windungen eines ausserordentlich dünnen Drahtes. Mit der Zahl der Windungen wächst natürlich die elektromotorische Kraft des in ihr erzeugten Inductionsstroms, mit der Länge und Dünne des Drahtes wächst aber auch ihr Widerstand. Dieser ist daher bei dem Duchenne'schen Apparate ein sehr beträchtlicher. Benutzt man die secundäre Rolle zur Erregung der sensiblen Nerven, so kommt dieser Widerstand gegen den noch viel grösseren der trockenen Epidermis nicht so sehr in Betracht, man erhält eine kräftige Erregung. Dahingegen ist dieser Widerstand von sehr erheblichem Einflusse auf die Stromstärke, wenn es sich darum handelt, Muskeln zu erregen. Denn indem man in diesem Falle durch die Anwendung der feuchten Elektroden den Widerstand im menschlichen Körper herabsetzt, bleibt doch der Widerstand der Inductionsspirale so gross, dass der Strom keine erhebliche Stärke erreichen kann. Die ungeheure Windungszahl der secundären Spirale schadet aber in diesem Falle mehr, als durch die Vermehrung der inducirenden Wirkung gewonnen wird. Benutzt man dagegen den Extrastrom zur Erregung der Muskeln, so bekommt man kräftige Wirkungen, da jetzt bei dem geringeren Widerstande des eingeschalteten Körpertheils selbst bei geringerer inducirender Wirkung die Ströme schon hinreichend stark werden.“

Auch beim Batteriestrom überwiegt der negative Pol in Bezug auf physiologische Wirkung sehr beträchtlich den positiven Pol. Davon kann man sich am besten überzeugen, wenn man zwei homologe Nerven, z. B. die beiden Nervi crurales oder die Mediani gleichzeitig, den einen mit der positiven, den andern mit der negativen Elektrode wiederholt reizt und zwischen je zwei Reizungen die Richtung des Stromes (durch Commutation bei geöffneter Kette) verändert. Man sieht alsdann, dass das eine Mal die Zuckung

---

[1]) l. c. p. 194.

rechts, das andere Mal links stärker ausfällt, je nachdem der negative Pol sich rechts oder links befindet.

Reizung eines oberflächlich gelegenen motorischen Nerven mit einem Batteriestrom von geringer Intensität bei fest- und nahe bei einander stehenden Elektroden ruft nur beim Schluss der Kette eine kurz dauernde, zuckende Verkürzung des Muskels (Schliessungszuckung) hervor, während beim Geschlossensein der Kette sowie beim Oeffnen derselben der Muskel in Ruhe bleibt. Steigert man die Stromintensität, so tritt auch eine Oeffnungszuckung hinzu, welche aber schwächer ist als die Schliessungszuckung. Bei noch höheren Stromstärken endlich wird auch das Fliessen des Stromes von einer tonischen Contraction des Muskels begleitet. Die für die genannten Effekte nöthigen Stromstärken lassen sich nicht allgemein ausdrücken, sondern müssen, da der Reizeffekt von der Dicke der Epidermis und der mehr weniger oberflächlichen Lage des Nerven abhängt, für jeden einzelnen Fall festgestellt werden. An meinem Körper erhalte ich, wenn ich z. B. am Nervus ulnaris mit verschiedenen Stromstärken experimentire, indem beide Elektroden etwa einen Zoll von einander entfernt bei wohlangefeuchteter Epidermis auf dem Nervenstamm unbeweglich stehen, bei einem Strom von 6—8 Elementen nur eine schwache Schliessungs- und keine Oeffnungszuckung, in welcher Richtung auch der Strom fliesse. Bei 10 bis 12 S. Elementen tritt eine schwache Oeffnungszuckung hinzu, während sich die Schliessungszuckung verstärkt. Bei 14 S. Elementen tritt bereits Tetanus in den vom Ulnaris versorgten Muskeln ein, welcher jedoch durch willkürliche Contraction der Antagonisten noch leicht zu überwinden ist. Bei Vermehrung der Elementenzahl nimmt der Tetanus an Stärke zu und ist nur noch mit Mühe durch angestrengte Contraction der Antagonisten zu überwinden. Bei einer Stromstärke von 24 S. Elementen gelingt die willkürliche Lösung der Contraction nicht mehr.

Will man aber die Wirkung jedes einzelnen Pols auf den motorischen Nerven für sich und die Veränderungen des Reizeffektes durch wachsende Stromstärke studiren, so ist es nothwendig, die Pole gesondert auf ihre Wirkung zu prüfen, indem man den einen Pol auf den Nerven, den andern auf einen indifferenten Punkt (Sternum) aufsetzt.

Instructiver ist es noch, zwei gleichnamige Nerven gleichzeitig mit je einem Pole zu reizen, weil der Effekt bei der Möglichkeit einer genauen Vergleichung klarer hervortritt. Ich empfehle zu diesen

Versuchen besonders die beiden Nervi mediani und ulnares einige Centimeter oberhalb des Handgelenks; einerseits ist hier die Epidermis beiderseits ziemlich gleich dünn, und der Nerv oberflächlich gelegen, andererseits lassen sich die Vorderarme der Versuchsperson in stark supinirter Stellung lange erhalten und die Elektroden unverrückbar auf den Reizpunkten fixiren. Selbstverständlich muss hierbei das Schliessen und Oeffnen des Stromes im metallischen Theil der Kette durch einen Assistenten vorgenommen, und die Schmerzhaftigkeit und chemische Nachwirkung des Stromes durch die Anwendung unpolarisirbarer Elektroden verhindert werden. Letzteres ist bei den höheren Stromstärken unumgänglich, weil durch die Heftigkeit der sensiblen Erregung Reflexcontractionen und auch willkürliche Bewegungen selbst bei den abgehärtetsten Versuchspersonen eintreten und die Beobachtung feinerer Veränderungen unmöglich machen. Operirt man nun mit allmälig steigenden Stromstärken, indem man bei stets gleicher Elementenzahl die Stromintensität durch den an der Kette in Nebenschliessung befindlichen Rheostaten regulirt[1]), so erhält man folgende Erscheinungsreihen, welche man bezeichnet als

Zuckungsformel des normalen Nerven und Muskels am Lebenden.

I. Die niedrigste Stromintensität, mit welcher man überhaupt einen Reizeffekt am motorischen Nerven hervorbringt, bewirkt eine Schliessungszuckung an der Kathode.

---

[1]) Die Anwendung des Rheostaten zur Regulirung der Stromstärke, welche von Brenner in die Elektrotherapie eingeführt wurde, ist höchst empfehlungswerth, weil dadurch die Möglichkeit gegebeu wird, die Stromstärke bei gleicher Elementenzahl auf das Genaueste zu variiren. Verminderung oder Vermehrung der Elementenzahl gestattet nicht eine ebenso regelmässige Variation, da die einzelnen Elemente keineswegs immer gleiche elektromotorische Kraft besitzen, und ausserdem eine Gradation um 1 Element mehr oder weniger für empfindliche Regionen, z. B. für den Acusticus und die Retina häufig eine zu grobe Abstufung darstellt. — Auf die Anwendungsweise des Rheostaten wird weiter unten bei der Beschreibung der Apparate genauer eingegangen werden. Hier sei nur zur vorläufigen Orientirung bemerkt, dass, je geringer der Widerstand in der Nebenschliessung, d. h. im Rheostaten ist, um so mehr Elektricität durch diesen, um so weniger also durch den Körper geht, und andererseits, dass, je höher die Widerstandszahlen am Rheostaten werden, um so höhere Stromstärken durch den Körper gehen.

Die von Brenner eingeführte Bezeichnung der verschiedenen Stromstärken war

II. Die nächst höhere Stromintensität bewirkt stärkere KaS-Zuckung und schwache AnOZuckung.

III. Höhere Stromstärke setzt ausser den schon vorher bewirkten Zuckungen schwache AnSZuckung.

IV. Weitere Steigerung: Es macht sich eine tonische Contraction an der Ka nach der SZ andauernd bemerklich.

V. Weitere Steigerung: KaOZuckung tritt auf, die übrigen Zuckungen sind verstärkt, die tonische Contraction an der Ka ist energischer.

VI. Höchste Stromstärke: Leichte tonische Contraction an der An, alle übrigen Zuckungen etc. sehr intensiv.

Vergleichen wir mit diesen Ergebnissen meiner Versuche die früher von Brenner erhaltenen Resultate, so stellt sich eine fast vollständige Uebereinstimmung heraus. Brenner (l. c. II. p. 45) trennt die Stromstärke nach dem Reizeffekte in sechs verschiedene Grade:

Erster, minimaler Grad. Charakterisirt sich durch KaS-Zuckung bei Abwesenheit aller anderen Zuckungen.

Zweiter Grad. Charakterisirt sich durch AS-Zuckung bei gleichzeitig verstärkter KaS-Zuckung und Abwesenheit der übrigen.

Dritter Grad. Charakterisirt sich durch AO-Zuckung bei gleichzeitiger Verstärkung der früher aufgetretenen und Abwesenheit der übrigen Zuckungen.

Vierter Grad. Kennzeichnet sich dadurch, dass die KaS-Zuckung ihren momentanen Charakter verliert und eine wahrnehmbare Zeit hindurch die KaD begleitet.

Fünfter Grad. Charakterisirt sich durch KaO-Zuckung. Alle früheren Zuckungen sind wiederum verstärkt.

Sechster Grad. Bezeichnet das nicht immer erreichbare Maximum der Stromstärke und charakterisirt sich dadurch, dass zu den bisherigen Zuckungen noch eine Verlängerung der AS-Zuckung hinzutritt.

---

wegen ihrer Einfachheit allgemein adoptirt. Man bezeichnete mit römischen Ziffern die Zahl der Elemente, mit arabischen Ziffern die Zahl der Siemens'schen Widerstands-Einheiten. XXX. 10. bedeutete einen Strom von 30 S. Elementen mit 10 S. Einheiten in Nebenschliessung. Heute ist die Brenner'sche Bezeichnung der Stromstärke durch die Maasswerthe des absoluten Galvanometers völlig verdrängt.

Die sich findenden Abweichungen sind, wie man sieht, nur untergeordneter Natur. Ich sah die AnO-Zuckung gewöhnlich vor der AnS-Zuckung eintreten; nur am Facialis findet, wie schon Brenner bemerkt, gewöhnlich das Umgekehrte Statt (vgl. die nachstehende I. Versuchsreihe). Uebrigens treten sie auch am Facialis und an anderen Nerven nicht selten ganz gleichzeitig, d. h. bei genau derselben Stromstärke auf, wodurch sich in diesen Fällen die Zahl der Grade um einen vermindert. Ich sah ferner die KaOZ öfter als Brenner, was wohl in der Anwendung der unpolarisirbaren Elektroden seinen Grund haben dürfte, da durch dieselben die Heranziehung sehr hoher Stromintensitäten ermöglicht wurde.

Einige Beispiele mögen hier Platz finden[1]).

I. N. facialis beiderseits durch unpolarisirbare Elektroden gereizt.

XXX. 100. **Ka Sz.**	XXX. 950. Ka S Z.″
XXX. 150. Ka Sz.	An S Z.′
An Sz.	Ka D Z.′ >
XXX. 200. Ka S Z.	**An Dz.** >
An Sz′.	An O Z.″
An Oz.	XXX. 1100. Ka S Z.‴
XXX. 250. Ka S Z.	An S Z.″
An S Z.	KaDZ.″ >
Ka D Z. >	An Dz.′ >
An O Z.	**Ka Oz.**
	An O Z.′

II. Ram. extern. N. accessorii beiderseits mit unpolarisirbaren Elektroden gereizt.

XL. 200. **K Sz.**	XL. 1050. Ka S Z.″
XL. 350. Ka Sz.′	An S Z.
An Oz.	Ka D Z. >
XL. 400. Ka S Z.	An O Z.′
An Sz.	**Ka Oz.**
An Oz.′	XL. 1100. Ka S Z.‴
XL. 900. Ka S Z.′	An S Z.
An Sz.′	Ka DZ.‴ >
Ka Dz. >	**An Dz.** >
An O Z.	An O Z.′
	Ka Oz.

[1]) Die verschiedenen Intensitäten der Zuckung werden von den schwächsten zu den stärksten aufsteigend mit z, z′, Z, Z′, Z″, Z‴ bezeichnet; die halbfett gedruckten Angaben sind die in den betreffenden Versuchs-Abschnitten neu auftretenden Erscheinungen. DZ > bedeutet tonische Contraction mit abnehmender Stärke.

Dieselben Versuche mit Benutzung des absoluten Galvanometers und gewöhnlicher Elektroden (3 □cm) am N. facialis angestellt, ergaben folgende Ziffern:

KaSZ	=	1,3— 1,4	Milliampères
AnSZ	=	2,5— 3	„
AnOZ	=	4,5	„
KaDZ>	=	5,5— 6,5	„
KaOZ	=	8 — 8,5	„
AnDZ	=	9,0—11,0	„

Wechsel der Stromesrichtung (Volta'sche Alternative), mittelst des Commutators ausgeführt, übt einen weit energischeren Reiz auf den Nerven aus, als die einfache Schliessung oder Oeffnung der Kette; und zwar ist der physiologische Effekt, wenn beide Elektroden nahe bei einander auf demselben Nerven stehen, gerade doppelt so stark bei der Commutation, als beim einfachen Schliessen oder Oeffnen der Kette.

Ein Versuch mit einem schwachen Strom von 6 Elementen am Nervus ulnaris in der vorher erwähnten Weise angestellt zeigt diesen Unterschied sehr frappant. Schliessung der Kette erregt je nach dem Grade der Befeuchtung der Epidermis und des Turgors der Haut entweder gar keine oder nur eine minimale Zuckung, während die Commutation eine kräftige Zuckung in den vom Ulnaris versorgten Handmuskeln auslöst.

Der physikalische Grund dieser Erscheinung liegt nach Brenner[1]) in der Steilheit der Abgleichungscurve von + x El. durch 0 zu — x El. oder umgekehrt. Schliesst man eine Kette von 6 Elementen auf einen Nervenstamm, so erhält man den Effekt eines Stromes, welcher von Null bis zu 6 ansteigt; öffnet man die Kette, so erhält man den Effekt eines Stromes, welcher von 6 bis auf Null sinkt. In beiden Fällen ist die Differenz = 6. Bei der Commutation dagegen sinkt der Strom an dem einen Pol von + 6 bis auf — 6, während an dem andern er von — 6 bis auf + 6 sich hebt. An beiden Polen ist also die Differenz = 12.

Selbstverständlich fällt bei der Commutation der physiologische Reizeffekt an der Reizstelle, welche vom positiven Pol verlassen und vom negativen eingenommen wird, stärker aus, als an der entgegen-

---

[1]) Brenner, Versuch zur Begründung einer rationellen Methode in der Elektrotherapie, genannt die polare Methode. Petersburger medicin. Zeitschrift. Bd. II. 1862. S. 264.

gesetzten. Hiervon kann man sich leicht überzeugen, wenn man zwei homologe Nerven, z. B. die beiden rami externi N. accessorii gleichzeitig (jeden mit einem Pole) reizt und dann den Commutator spielen lässt.

Ausser obigem physikalischen Grunde für die kräftige Reizwirkung der Volta'schen Alternativen, wie die Abwechselungen in der Richtung des Stromes dem Entdecker der physiologischen Wirkung der Commutation Volta[1]) zu Ehren genannt werden, kommt nun noch das physiologische Moment der Steigerung der Erregbarkeit im Nerven, nämlich einmal durch das Fliessen des Stromes überhaupt und zweitens durch die raschen Aenderungen der Stromrichtung.

Dass ein galvanischer Strom, der einen Nerven des menschlichen Körpers durchfliesst, die Erregbarkeit desselben steigert, wird weiter unten genauer nachgewiesen werden. Die erregende Wirkung der Aenderung der Stromrichtung ist durch die Versuche von Volta und die späteren, schon oben (S. 60) erwähnten Untersuchungen Rosenthal's für das Froschpräparat nachgewiesen; sie lässt sich aber auch am menschlichen Körper mit Präcision demonstriren. Nothwendig ist hierzu, dass man den Nerven eine Zeit lang in einer Richtung galvanisirt, dann die Stromwendung bei geöffneter Kette (um die stark erregende Wirkung der physikalischen Poldifferenz auszuschliessen) vornimmt und nun die Erregbarkeit des Nerven für den Strom mit

---

[1]) Volta's hierher gehöriger Fundamentalversuch findet sich in seiner Abhandlung: „Sull' identitá del fluido elettrico coll fluido galvanico" in den Collezione dell' opere del Conte Alessandro Volta P. C. Fireuze 1816. Tom. II. Parte II. p. 220 ff.

Volta setzte die Froschschenkel rittlings in 2 in die Kette eingeschaltete Wasserbecher, so dass der Strom in dem einen Schenkel auf-, in dem andern abstieg. Oeffnung und Schliessung desselben bewirkte Anfangs kräftige Contractionen. Ging aber der Strom längere Zeit, etwa $1/2$ Stunde, durch, so kam es vor, dass die Muskeln alle Erregbarkeit verloren hatten und sich weder beim Oeffnen noch beim Schliessen zusammenzogen. Wendete Volta nun den Strom, so dass derselbe nunmehr in dem Schenkel, in welchem er aufgestiegen war, abstieg, und umgekehrt, so brachte Schliessung und Oeffnung des Kreises sehr heftige Zuckung zu Wege. Blieben die Schenkel aber diesem umgekehrten Strome wiederum eine halbe Stunde ausgesetzt, so verloren sie ebenfalls wieder die Fähigkeit, durch Unterbrechung oder Schliessung desselben Stromes sich zusammenzuziehen, während die entgegengesetzte Richtung des Stromes diese Fähigkeit wieder hervorrief. Diesen Wechsel der Reaction konnte Volta an einem und demselben Froschpräparat einen ganzen Tag und länger von halber zu halber Stunde verfolgen.

umgekehrter Richtung und gleicher oder geringerer Stärke prüft (der Rheostat ist hierbei unentbehrlich). Es zeigt sich nun die Erregbarkeit gesteigert, und zwar um so mehr, je länger der Strom vorher auf den Nerven eingewirkt hatte. Diese Erregbarkeitssteigerung erweist sich höher, als nach einfachem Schliessen der Kette in derselben Richtung.

Selbstverständlich erreicht die Steigerung der Erregbarkeit den höchsten Grad, wenn das physikalische und physiologische Moment zusammenwirken — wenn also der Strom, nachdem er längere Zeit den Nerv durchflossen, mit im Momente der Wendung verdoppelter Intensität auf den Nerven einwirkt, um alsdann in entgegengesetzter Richtung zu fliessen; von dieser aber bald wieder in die frühere Richtung zurückgeführt wird und so fort.

Das Anwachsen der Zuckungsgrösse, welches man bei gleichbleibender Stromstärke durch oft wiederholte Commutationen zu Wege bringt, ist sehr überraschend. Mit jeder Wendung nimmt die Zuckung an Grösse zu, und ein Strom, welcher (bei wohl durchfeuchteter Epidermis etc.) im Anfang keine Zuckung auslöste, erregt nach wiederholten Wendungen sehr kräftige Zuckungen. Diese Erscheinung zeigt sich sowohl bei gesunden als kranken Nerven, vorausgesetzt, dass im letzteren Falle die Anspruchsfähigkeit überhaupt erhalten ist.

Die Grösse dieser Erregbarkeitssteigerung wird nach Brenner's Beobachtung, die ich bestätigen kann, begünstigt durch die Schnelligkeit, mit der die Wendung geschieht, resp. durch möglichste Kürze des Intervalls zwischen Oeffnung und Schliessung[1]). Sie macht sich ferner in derselben Stärke auch an den sensiblen und sympathischen und Sinnes-Nerven bemerklich.

Die Stromwendung ist hiernach ein sehr kräftiges Reizmittel für Nerv und Muskel, und ebenso unentbehrlich bei der Diagnose und Prognose, als bei der Therapie der Nerven- und Muskelkrankheiten.

Allerdings dürfen wir bei der Deutung dieser Befunde Eins nicht vergessen, was uns zur grössten Vorsicht mahnt, nämlich die Erwägung, dass bei allen derartigen Versuchen am Menschen die Wirkung der durch den Strom selbst bedingten raschen Abminderung des

---

[1]) Brenner hat, um die Dauer der Unterbrechung auf ein Minimum reduciren zu können, eine Modification des Stromwenders construirt, welche bei den Apparaten genauer beschrieben ist.

Leitungswiderstandes der Haut nicht unberücksichtigt bleiben darf. Nur unter diesem Vorbehalte sind die obigen Sätze als zutreffend zu bezeichnen.

Muskel.

Die Beobachtungen am Muskel des lebenden Menschen ergeben im Allgemeinen Resultate, welche mit denen der physiologischen Untersuchungen ganz wohl in Einklang zu bringen sind.

Reizung eines blossliegenden Muskels mit dem Inductionsstrome ergiebt, wenn eine im Verhältniss zur Grösse des Muskels geringe Stromstärke zur Anwendung kommt, nur eine Verkürzung des von der Elektrode direkt getroffenen Bündels. Mit der Steigerung der Stromstärke dehnt sich die Reizung auch auf die benachbarten Bündel aus und man kann es auf diese Weise zu einer Verkürzung des ganzen Muskels bringen.

Dasselbe beobachtet man an dem von der Haut bedeckten Muskel. Die Grösse der Contaktfläche der Elektrode ist für den Reizeffekt entscheidend; je grösser die erstere, um so geringere Stromstärken sind zur Erzielung completer Muskelcontractionen erforderlich.

Reizt man dagegen einen blossliegenden, quergestreiften Muskel mit dem constanten Strome, so erhält man ebenfalls bündelweise oder Gesammt-Contractionen des Muskels, je nachdem man kleine oder grosse Contactflächen anwendet. Die galvanische Contraction fällt ferner je nach der Stromstärke verschieden aus: schwache Ströme bewirken nur eine Schliessungszuckung, stärkere auch eine Oeffnungszuckung, sehr starke einen dauernden Tetanus. Die Verkürzung, welche der Inductionsstrom erzielt, ist bei entsprechender Stromstärke immer eine dauernde (tetanische).

Alle diese Contractionsphänomene sind offenbar abhängig von der Reizung der innerhalb des Muskels verlaufenden motorischen Nervenröhren. Denn sie treten ganz in derselben Weise auf und verlaufen in derselben Reihenfolge, wie bei alleiniger Reizung des motorischen Nerven.

Ist dagegen die Funktion der motorischen Nerven ganz ausgeschlossen durch vollständige Degeneration derselben vom Stamm bis in die feinsten Muskelverzweigungen hin, so tritt erst der Effekt der direkten Reizung der Muskelsubstanz zu Tage. (Vergl. unten

das Capitel „Entartungsreaction“ im elektrodiagnostischen Theil.) Dieser besteht in einer trägen d. h. langsam ablaufenden Zusammenziehung. Diese träge Zuckung contrastirt sehr lebhaft mit der blitzartigen Zuckung, welche der Muskel bei der Reizung des motorischen Nerven zeigt. Sie lässt sich hervorrufen, solange überhaupt der Muskel existirt.

Immer aber ist zur Erzielung der beschriebenen Muskelverkürzung eine gewisse Dauer des galvanischen Stromes erforderlich. Galvanische Ströme von momentaner Dauer erregen die Muskelsubstanz nicht (Neumann, Ziemssen), ebensowenig Inductionsströme, da auch bei diesen jedes einzelne elektrische Reizmoment, d. h. die Erhebung des Stroms von Null zum Maximum und das Wiederabsinken zu Null nur von momentaner Dauer ist.

Jede Contraction eines Muskels ist von einer Steigerung seiner Wärme begleitet. Diese Wärmesteigerung steht in geradem Verhältniss zur Energie und Dauer der Contraction.

Becquerel und Breschet[1]) constatirten zuerst mittelst thermoelektrischer Messungen, dass die Wärme in den willkürlichen Muskeln sich durch starkes Arbeiten derselben erheblich steigere, z. B. in dem Biceps eines Mannes nach 5 Minuten dauerndem Sägen um 1° C.

Auch Gierse[2]) bestätigte diesen Befund bei Hunden, indem er zeigte, dass die Haut über den contrahirten Muskeln des einen Schenkels beträchtlich wärmer sei, als die Haut über den schlaffen Muskeln des andern Schenkels.

Helmholtz[3]) schloss zur Erledigung der Frage, woher die Wärme stamme, den Einfluss der Circulation und der Blutwärme aus, indem er die Oberschenkelmuskeln von Fröschen, deren Schenkel nur noch durch den Nerven mit dem Körper zusammenhing, zu thermoelektrischen Messungen benutzte. Es stellte sich hierbei heraus, dass die Wärme in den Muskeln nach einem 2—3 Minuten währenden Tetanus um 0,14—0,18° C. stieg. Auch Matteucci[4]), der die Versuche am Frosche wiederholte, fand eine Temperatursteigerung um 0,5° C. in dem Muskel.

---

[1]) Annal. des sciences natur. Zool. 2 Ser. III. 257. IV. 243.

[2]) Quaenam sit ratio caloris organ. partium inflammatione laborantium, febrium etc. Dissert. inaug. Halae 1842.

[3]) Müller's Archiv. 1848. S. 144.

[4]) Proc. of the Royal Society. 1856. Vol. VIII. No. 22.

Die Bedeutung dieser Frage für den Einfluss der Muskelarbeit auf die Ernährung des Muskels und die gesammte Wärmeökonomie des Organismus liegt auf der Hand, ebenso der Werth künstlicher elektrischer Contractionen gelähmter Muskeln für die Ernährung derselben. Ich habe von diesen Gesichtspunkten ausgehend im Jahre 1856 eine Reihe von thermometrischen Bestimmungen der Temperatur über normalen und gelähmten Muskeln angestellt, welche durch den faradischen Strom längere Zeit in tetanischer Verkürzung gehalten wurden.

Zu diesen Versucheu bediente ich mich eines Normal-Thermometers von Ch. F. Geissler in Berlin, dessen Quecksilberreservoir eine Spindel von ca. 15 Mm. Länge und 5 Mm. Dicke darstellt. Die Eintheilung in Zehntel-Grade ist so weitläufig, dass man bequem Zwanzigstel-Grade ablesen kann. Die Form des Quecksilberreservoirs sowie die Empfindlichkeit des Instrumentes machen dasselbe zu Messungen der Tempertur an der Körperoberfläche besonders geeignet. Das Verfahren bei den Messungen war so, dass ich die Quecksilberspindel in die Furche zwischen dem M. extensor. digitor commun. und M. extensor. carpi radial. brev. einlegte, dieselbe in ihrer ganzen Längc der Haut möglichst coaptirte und in dieser Stellung 20 Minuten vor der Reizung, sodann während derselben und eine längere Zeit nach dem Oeffnen der Kette unverrückt fixirte. Die Erhebung von Hautfalten behufs Umhüllung der Spindel habe ich nach vielen Versuchen als unbrauchbar und zu Irrthümern führend aufgegeben.

Die meisten Versuche wurden bei unbedeckter Haut angestellt, wobei mit der grössten Sorgfalt dic Einwirkung von Luftströmungen und die Verrückung der Spindel vermiedeu wurde. Ich habe indessen die Resultate dieser Versuche durch Experimentiren bei Umhüllung des Vorderarms und der Spindel mit dreifachen Lagen von dickem Flanell controlirt. Selbstredend können die Resultate immer nur einen relativen Werth haben, da einerseits dic Wärmeabgabe des Quecksilbers in der Spindel an die äussere Luft nicht vermieden werden kann, andererseits durch die Bedeckung der Epidermis mit schlechten Leitern die normale Wärmeausgabe der Haut gestört wird; indessen zeigen doch die Resultate der einzelnen Versuchsreiheu eine Uebereinstimmung, welche über die Thatsache keinen Zweifel lässt.

Dic Verkürzung der Streckmuskeln am Vorderarm wurde durch localisirte Faradisirung des N. radialis am Oberarm, da wo er sich um den Humerus nach vorne herumwindet, also ungefähr in der Mitte zwischen dem Condyl. ext. humeri und dem Ansatze des M. deltoid. mittelst der negativen Elektrodc bewerkstelligt, während die positive auf dem Sternum fixirt war. Es wurde auf diese Weise der Vorderarm und speciell die Oberfläche der über die Streckmuskeln gespannten Haut mit den Elektroden überhaupt nicht berührt, und dadurch eine direkte Einwirkung des Stromes auf die Blutgefässe der Cutis ausgeschlossen. Auch war ich bei der Reizung des N. radialis sicher, keine erhebliche zu den Streckmuskeln verlaufende Arterie zu treffen.

Hatte das Quecksilber in der Steigröhro bei einer Zimmertemperatur von 15 ⁰ R. nach 15—20 Minuten einen unverändorten Stand eingenommen, so begann die Reizung mit einem bei allen Versuchen ziemlich gleich starken Inductions-

strome, der in den Streckmuskeln der Hand und Finger eine kräftige tetanische Contraction hervorrief.

Ich will aus einer grossen Menge von Versuchen zunächst drei Reihen von Messungen mittheilen, welche an einem und demselben Individuum — einem ältlichen gesunden Manne mit schlaffer Muskulatur und nachgiebiger Haut — zu verschiedenen Zeiten angestellt wurden. Es folgen sodann zwei Versuche an einem kräftigen Manne, welcher an dem zur Messung gewählten Arme durch Quetschung des N. radialis am Oberarm eine complete Lähmung der Finger- und Hand-Streckmuskeln erlitten hatte, ein Umstand, dem der anfängliche niedrige Stand der Hauttemperatur daselbst zuzuschreiben sein dürfte.

I. Versuch am Gesunden bei unbedeckter Haut.

Wärme am Vorderarm zwischen M. extens. digitor. comm. und M. extens. carpi radial. brev. 34,7 ° C.

Inductionsstrom von 4 Minuten durch den N. radialis; beim Oeffnen der Kette 34,8

Am Ende der	1.	Minute	nach geöffneter Kette	35,3
do.	2.	do.	do.	35,55
do.	3.	do.	do.	35,65
do.	4.	do.	do.	35,7
do.	5.	do.	do.	35,7
do.	6.	do.	do.	35,65
do.	7.	do.	do.	35,6
do.	8.	do.	do.	35,55
do.	9.	do.	do.	35,45
do.	10.	do.	do.	35,35
do.	11.	do.	do.	35.3
do.	12.	do.	do.	35,3

In der 13. Minute wieder Strom von 1 Minute Dauer beim Oeffnen der Kette 34,7

Am Ende der	1.	Minute	nach geöffneter Kette	35,1
do.	2.	do.	do.	35,3
do.	3.	do.	do.	35,5
do.	4.	do.	do.	35,45

In der 6. Minute wieder Strom von 1 Minute Dauer beim Oeffnen der Kette 35,1

Am Ende der	1.	Minute	nach geöffneter Kette	35,3
do.	2.	do.	do.	35,4
do.	3.	do.	do.	35,5
do.	4.	do.	do.	35,6

In der 5. Minute wieder Strom von 1 Minute Dauer beim Oeffnen der Kette 35,45

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	35,7
In der 3. Minute wieder Strom von 1 Minute Dauer	
beim Oeffnen der Kette	35,6
Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	35,8
do. 2. do. do.	35,8
do. 3. do. do.	35,9
In der 6. Minute wieder Strom von 1 Minute Dauer	
beim Oeffnen der Kette	35,6
Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	35,9
do. 2. do. do.	36
do. 3. do. do.	35,95
do. 4. do. do.	35,9
do. 5. do. do.	35,85

II. Versuch am Gesunden, Vorderarm (incl. Quecksilberspindel) mit Flanell umhüllt.

Wärme der Haut am Vorderarm (ibid.)	33,3 ° C.
Strom von 2 Minuten durch den N. radialis	
beim Schluss der Kette	33,3
beim Oeffnen derselben	32,9
Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	33,9
do. 2. do. do.	34,7
do. 3. do. do.	35
do. 4. do. do.	35,1
do. 5. do. do.	35,1
In der 6. Minute beginnt Strom von 2 Minuten Dauer	
beim Schluss der Kette	35,1
beim Oeffnen derselben	34,6
Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	35,5
do. 2. do. do.	35,8
do. 3. do. do.	36
In der 4. Minute beginnt Strom von 2 Minuten Dauer	
beim Schluss der Kette	36
beim Oeffnen derselben	35,7
Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	36,3
do. 2. do. do.	36,45
In der 3. Minute beginnt Strom von 2 Minuten Dauer	
beim Schluss der Kette	36,45
beim Oeffnen derselben	36,1
Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	36,5
do. 2. do. do.	36,6

In der 3. Minute beginnt Strom von 1 Minute Dauer				
			beim Schluss der Kette	36,6
			beim Oeffnen derselben	36,2
Am Ende der	1.	Minute nach	geöffneter Kette	36,6
do.	2.	do.	do.	36,65
In der 3. Minute beginnt Strom von 1 Minute Dauer				
			beim Schluss der Kette	36,65
			beim Oeffnen derselben	36,3
Am Ende der	1.	Minute nach	geöffneter Kette	36,7
do.	2.	do.	do.	36,7
do.	3.	do.	do.	36,6
do.	4.	do.	do.	36,55
do.	5.	do.	do.	36,5
do.	6.	do.	do.	36,5
do.	7.	do.	do.	36,45
do.	8.	do.	do.	36,4
do.	9.	do.	do.	36,3
do.	10.	do.	do.	36,25
do.	11.	do.	do.	36,2
do.	12.	do.	do.	36,2
do.	13.	do.	do.	36,15
do.	14.	do.	do.	36,1
do.	15.	do.	do.	36,1
do.	16.	do.	do.	36,05
do.	17.	do.	do.	36
do.	18.	do.	do.	36
do.	19.	do.	do.	35,95
do.	20.	do.	do.	35,9
do.	21.	do.	do.	35,9
do.	22.	do.	do.	35,85
do.	23.	do.	do.	35,8
do.	24.	do.	do.	35,75
do.	25.	do.	do.	35,75
do.	26.	do.	do.	35,7
do.	27.	do.	do.	35,7
do.	28.	do.	do.	35,65
do.	29.	do.	do.	35,6
do.	30.	do.	do.	35,55
do.	31.	do.	do.	35,5
do.	32.	do.	do.	35,5
do.	33.	do.	do.	35,45
do.	34.	do.	do.	35,4
do.	35.	do.	do.	35,35
do.	36.	do.	do.	35,3
do.	37.	do.	do.	35,25

Am Ende der	38.	Minute nach	geöffneter Kette	35,2° C.
do.	39.	do.	do.	35,1
do.	40.	do.	do.	35,05
do.	41.	do.	do.	35
do.	42.	do.	do.	34,85
do.	43.	do.	do.	34,9
do.	44.	do.	do.	34,85
do.	45.	do.	do.	34,8
do.	46.	do.	do.	34,8
do.	47.	do.	do.	34,75
do.	48.	do.	do.	34,7
do.	49.	do.	do.	34,65
do.	50.	do.	do.	34,65
do.	51.	do.	do.	34,6
do.	52.	do.	do.	34,55
do.	53.	do.	do.	34,5
do.	54.	do.	do.	34,5
do.	55.	do.	do.	34,5
do.	56.	do.	do.	34,5
do.	57.	do.	do.	34,5
do.	58.	do.	do.	34,5

III. Versuch, am Gesunden, bei unbedeckter Haut.

Wärme der Haut am Vorderarm (ibidem)	33,7
Contraction von 2 Minuten	
beim Schluss der Kette	33,7
beim Oeffnen derselben	33,5

Am Ende der	1.	Minute nach	geöffneter Kette	34
do.	2.	do.	do.	34,3
do.	3.	do.	do.	34,7
do.	4.	do.	do.	34,8
do.	5.	do.	do.	34,9
do.	6.	do.	do.	34,9
do.	7.	do.	do.	34,85
do.	8.	do.	do.	34,75
do.	9.	do.	do.	34,7

Contraction von 2 Minuten	
beim Schluss der Kette	34,7
beim Oeffnen derselben	34,4

Am Ende der	1.	Minute nach	geöffneter Kette	34,85
do.	2.	do.	do.	35
do.	3.	do.	do.	35,1
do.	4.	do.	do.	35,25
do.	5.	do.	do.	35,25

Am Ende der 6. Minute nach geöffneter Kette 35,25° C.
do. 7. do. do. 35,2
do. 8. do. do. 35
do. 9. do. do. 34,8
do. 10. do. do. 34,7

In der 12. Minute beginnt Contraction von 2 Minuten
beim Schluss der Kette 34,6
beim Oeffnen derselben 34,4

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 34,7
do. 2. do. do. 34,9
do. 3. do. do. 35
do. 4. do. do. 35,05
do. 5. do. do. 34,9
do. 6. do. do. 34,8
do. 7. do. do. 34,7

IV. Versuch an einem Manne mit traumat. Paralyse des N. radialis bei unbedeckter Haut.

Wärme der Haut am Vorderarme 32,05° C.

Contraction von 5 Minuten
während der Contraction am Ende der 3. Minute 32,7
do. do. 4. do. 33,4
do. do. 5. do. 33,8

Nach dem Oeffnen der Kette am Ende der 1. Minute 34,4
do. do. 2. do. 34,7
do. do. 3. do. 34,9
do. do. 4. do. 34,95
do. do. 5. do. 35,1
do. do. 6. do. 35,1

In der 7 Minute beginnt Contraction von 2 Minuten
beim Schluss der Kette 35
beim Oeffnen derselben 35

Nach dem Oeffnen der Kette am Ende der 1. Minute 35,6
do do. 2. do. 35,9
do. do. 3. do. 35,9

In der 4. Minute beginnt Contraction von 3 Minuten
während der Contraction am Ende der 1. Minute 35,85
do. do. 2. do. 36
do. do. 3. do. 36,1

Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette 36,4
do. 1. do. 30 Sec. do. 36,45
do. 2. do. do. 36,4
do. 3. do. do. 36,3
do. 4. do. do. 36,2

V. Versuch an demselben Manne mit traumatischer Lähmung des N. radialis, bei unbedeckter Haut.

Wärme der Haut des Vorderarms	31,4° C.
Contraction von 30 Secunden beim Oeffnen der Kette	31,1
Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	31,6
do. 2. do. do.	32,4
do. 3. do. do.	32,7
do. 3. do. 30 Sec. do.	32,9
do. 4. do. do.	33,2
Sofort Contraction von 30 Secunden beim Oeffnen der Kette	33
Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	33,4
do. 2. do. do.	33,45
do. 3. do. do.	34
do. 4. do. do.	34,4
do. 4. do. 30 Sec. do.	34,5
Sofort Contraction von 30 Secunden beim Oeffnen der Kette	34,2
Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	34,55
do. 2. do. do.	34,7
do. 3. do. do.	34,85
do. 4. do. do.	34,9
Sofort Contraction von 30 Secunden beim Oeffnen der Kette	34,3
Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	35
do. 2. do. do.	35,1
do. 3. do. do.	35,2
Sofort Contraction von 30 Secunden beim Oeffnen der Kette	34,9
Am Ende der 1. Minute nach geöffneter Kette	35,1
do. 2. do. do.	35,3
do. 2. do. 30 Sec. do.	35,25
do. 3. do. do.	35,2

Allmäliger Abfall der Temperatur.

Endlich folgen zwei Messungen an dem Oberschenkel eines athletischen Mannes, der in Folge von Wirbelcaries seit einem halben Jahre sowohl ad sensum wie ad motum vollkommen paraplegisch war.

An den Schenkeln war das Fett geschwunden, die Haut schlaff und nachgiebig; die Muskulatur zeigte einen mässigen Grad von Atrophie und erforderte

zu einer onergisehen Contraction dio Anwendung eines äusserst starken faradisehen Stromes, welcher boi der totalen Anästhosio des Gliedes ohne Beschwerdeu ertragen wurde. Die Thermometorspindel wurde ungefähr in der Mitte des rechten Oberschenkols in der Furche zwischen M. vastus intern. und M. sartorius eingelegt; die Contraction der Streckmuskeln des Unterschenkols wurde durch Reizung des N. cruralis am Ligam. Poupartii ins Werk gesetzt, währond die positive Elektrodo auf dem linken Oberschenkel die Kotte schloss. Dio Circumferenz der Oborschenkel, welche um dio Mitte dersolbeu an einer mit Argent. nitric. gezogenen Linio vor und nach jedem Versuche gemessen wurde, betrug vor der Contraction am rechten Oberschenkel 40 cm, am linken 38 cm.

VI. Versuch au dem Oberschenkel eines Mannes mit spinaler Paraplegie.

Wärme der Haut (ohne Umhüllung) nach 30 Minuten 33,7 ⁰ C.

Contraction von 23 Minuten.

Während der Contractiou	am Eude der	2.	Minuto	33,3
do.	do.	5.	do.	34,1
do.	do.	8.	do.	34,5
do.	do.	10.	do	34,9
do.	do.	12.	do	35,3
do.	do.	13.	do.	35,7
do.	do.	15.	do.	35,9
do.	do.	20.	do.	36,2
do.	do.	23.	do.	36,3

Ooffnen der Kette.

Nach dem Oeffnen der Kette	am Ende der	2.	Minute	36,1
do.	do.	4.	do.	36,1
do.	do.	6.	do.	35,9
do.	do.	10.	do.	35,6

Allmäliger Abfall der Temperatur.

Circumferenz des rechten Oberschonkels 15 Minuten später gemessen betrug 41 em.

VII. Versuch au demselben Paraplegiker.

Patient klagt über Schmerzen in der Wirbelsäule. Puls 108, Respiration 25, Temperatur in der Aehsel 38,5, zwischen Scrotum und Oberschenkel 38,1, am linken Oberschenkel 34,2.

Wärmo der Haut am rechten Oberschenkel nach 25 Minuten 34,3 ⁰ C.

Contraction von 30 Minuten.

Während der Contraction	am Ende der	5.	Minute	34,7
do.	do.	10.	do.	35,8

Oeffuen der Kette.

Nach dem Oeffnen der Kette am Ende der 1. Minute	35,95 ⁰ C.
do. do. 2. do.	36
do. do. 3. do.	36,1
do. do. 4. do.	36,25
do. do. 5. do.	36,2

Contraction von 5 Minuten.

Während der Contraction am Ende der 2. Minute	35,7
do. do. 5. do.	36,5

Oeffnen der Kette.

Nach dem Oeffnen der Kette am Ende der 5. Minute	36,7
Contraction von 5 Minuten beim Oeffnen der Kette	37,2
Nach dem Oeffnen der Kette am Ende der 1. Minute	37,3
do. do. 2. do.	37,35
do. do. 3. do.	37,4

Temperatur fällt allmälig ab.

Die Circumferenz betrug 10 Minuten später am rechten Oberschenkel 42 cm, am linken 38 cm. Die Farbe der Haut über den Streckmuskeln des rechten Oberschenkels unterschied sich durchaus in Nichts von der Farbe der Haut über den Adductoren, während die Stelle am Poupart'schen Bande, wo die positive Elektrode stand, eine lebhafte Röthung von der Grösse eines Thalers zeigte. Dieses Erythem trieb das Quecksilber schnell auf 36,8 bis 37 ⁰ C.; sobald man aber mit der Spindel über die Grenze desselben hinausglitt, so sank das Quecksilber sofort um 1,5—2 ⁰ C., stieg aber sofort und rapid auf die frühere Höhe, sobald man zum Erythem zurückkehrte. — Die Wärme der Haut über den Adductoren des rechten Oberschenkels ergab 20 Minuten nach der Contractiou der Strecker gemessen 34,8 ⁰ C. Rückte mau nun mit der Spindel auf den M. sartorius hinauf, so stieg das Quecksilber sofort auf 36 ⁰ C., sank aber sogleich wieder, wenn die Spindel über die Grenze des Sartorius hinaus auf die Adductoren zurückkehrte. Die grosse Empfindlichkeit des Thermometers machte es möglich, den Unterschied in der Wärme der Haut über den Adductoren, den Extensoren und dem N. cruralis am Lig. Poupartii noch nach Verlauf einer Stunde wahrzunehmen. — Die Frequenz der Athemzüge und Pulsschläge, welche vor jedem Versuch constatirt war, blieb in allen Fällen während der Contraction unverändert.

Die Resultate der vorliegenden Versuche, welche mit dem Ergebnisse der oben erwähnten Experimente von Becquerel und Breschet, von Helmholtz und Matteucci durchaus übereinstimmen, würden sich in Kurzem dahin zusammenfassen lassen:

Die durch faradische Reizung motorischer Nerven erzeugte Muskelcontraction erhöht die Temperatur in den betreffenden Muskeln und mittelbar in der dieselben bedeckenden Haut, ohne die Farbe der letzteren oder den normalen Füllungsgrad ihrer Gefässe zu verändern.

Diese Temperatursteigerung ist um so bedeutender, je energischer die Contraction ist und je länger sie andauert; sie erregt den Versuchspersonen das Gefühl intensiver Wärme in den verkürzten Muskeln und ist von einer Volumszunahme der letzteren begleitet, welche bei Verkürzung der Extensoren den Umfang des Vorderarms um $^1/_2$—1 cm, den Umfang des Oberschenkels um 1—2 cm vergrössert.

Mittelst des Thermometers lässt sich zwischen der hohen Temperatur über den verkürzt gewesenen Muskeln und der fast normalen Temperatur über den benachbarten, nicht verkürzten Muskeln eine scharfe Grenze ziehen. Auch giebt sich dieser Unterschied in der Wärme schon dem Gefühle bei aufgelegter Hand auf das Deutlichste zu erkennen.

In der ersten Minute der Muskelverkürzung fällt das Quecksilber fast constant um 0,1—0,5° C., was wohl nur Folge einer mechanischen Dislocation resp. Abhebung des Instruments durch die Muskelerhärtung ist (vergl. unten Heidenhain's Angaben). Bei fortdauernder Contraction steigt die Temperatur schon in der dritten Minute wieder, um dann gleichmässig fortzuschreiten. Die bedeutendste Steigerung der Temperatur betrug 4,4° C. in Versuch IV. In demselben Versuche wurde durch die erste Reizung von 5 Minuten Dauer die Wärme von 32,05° auf 35,1° C. also um 3,05° C. gehoben.

Nach Contraction von mässiger Dauer steigt das Quecksilber in der ersten Minute am schnellsten, erreicht aber seine Acme bei der ersten Reizung jedesmal in der vierten bis sechsten Minute, bei den späteren, schnell aufeinander folgenden Reizungen, zwischen denen die Temperatur sich ihrem normalen Stande nicht annähert, in kürzerer Zeit, selbst in der ersten Minute, wenn die Temperatur schon hoch steht. Ist die Haut und die Quecksilberspindel mit einem schlechten Wärmeleiter umhüllt, so steigt die Temperatur rascher und zu einem höheren Grade, als bei unbedeckter Haut.

Der Abfall der Temperatur geht langsam aber ebenso gleichmässig vor sich, als das Aufsteigen, selbstverständlich bei unbedeckter Haut schneller als bei bedeckter.

Was das subjective Gefühl bei derartigen langdauernden Verkürzungen anlangt, so verschwindet der Hautschmerz nach vier bis fünf Secunden, wenn die wohlangefeuchtete Elektrode kräftig aufgesetzt und unverrückt gehalten wird. Das dumpfe Krampfgefühl im Muskel bleibt allein zurück. Dieses wird häufig nach der zweiten Minute von einem mässigen, ruckweise oder stossweise durchschiessenden Schmerze unterbrochen. Am beschwerlichsten fällt den Versuchspersonen die langdauernde unverrückte Haltung des Arms. Es ist deshalb, wenn anders der Kranke nicht durch Bewegungen den ganzen Versuch stören soll, nothwendig, nicht allein den Vorderarm, sondern auch den Oberarm und den ganzen Oberkörper gleichmässig zu unterstützen.

Die vorstehenden, im Jahre 1856 angestellten Versuche sind nach der von mir angegebenen Methode von J. Althaus[1]) 1868 wiederholt und die Resultate bestätigt worden. Althaus konnte bei diesen Versuchen noch einen durch pathologische Verhältnisse ermöglichten Beweis dafür beibringen, dass die Einwirkung des inducirten Stromes auf die Haut an sich die Temperatur nicht steigere, sondern dass die Quelle der gesteigerten Wärme lediglich der contrahirte Muskel sei, die Haut dagegen nur secundär durch die nach aussen sich abgleichende Muskelwärme höher temperirt werde. Althaus experimentirte nämlich an einem Manne, welcher in Folge von Bleivergiftung am rechten Vorderarm vollständige Lähmung der Hand- und Fingerstrecker und Verlust der faradischen Contractilität erlitten hatte, während am linken Vorderarm die farado-muskuläre Contractilität normal geblieben war.

Kräftige Faradisirung der linksseitigen Strecker erzeugte eine energische Verkürzung derselben und trieb im Verlauf von 5 Minuten die Temperatur der Haut von 89° F. auf 91,5° F.

Dagegen blieb an den gelähmten und nicht mit Zuckung reagirenden Streckern am rechten Vorderarm trotz 5 Minuten lang währender kräftiger Faradisirung die Temperatur der Haut über den

---

[1]) A Treatise on medical electricity. II. Edit. London 1870. p. 236.

Muskeln unverändert, ja sie sank sogar von 87,5° F. auf 86° F. (was wohl auf Rechnung der Abkühlung der unbedeckten Armhaut zu setzen sein dürfte).

Althaus hat bei diesen Versuchen, wie es scheint, die Streckmuskeln direkt faradisirt, indessen ist wohl anzunehmen, dass er die Temperaturbestimmung in einiger Entfernung von den Contactstellen der Elektroden vorgenommen hat, da sich an den letzteren bald eine beträchtliche Hyperämie, wie oben ausgeführt wurde, entwickelt, welche diesen Hautstellen eine erheblich höhere Temperatur verleiht, als der nicht hyperämisirten Umgebung.

Zahlreiche Messungen, welche ich in dieser Richtung auf thermometrischem und thermoelektrischem Wege anstellte, ergaben, wie ich bei dieser Gelegenheit bemerken will, eine Differenz der Temperatur der hyperämischen und nicht hyperämischen Haut von 2—3° C. und 20—30° der Fernrohrscala bei der thermoelektrischen Messung. Selbstverständlich müssen zu diesen Bestimmungen solche Hautstellen gewählt werden, welche keine Muskelunterlage haben, z. B. die Haut auf dem Sternum des Menschen oder die Haut des Kaninchenohrs. An letzterem lässt sich die Differenz sehr hübsch durch die Vergleichung der Temperaturen des elektrisirten und des nicht elektrisirten Ohrs constatiren. Die Umbiegung des unteren Theiles des äusseren Randes der Concha nach Innen bildet eine Art Canal, in den die eine (griffelförmige) Elektrode und nach der Einwirkung des Stromes die feine Geissler'sche Thermometerspindel gerade hineinpasst. Ein schwacher Fingerdruck genügt zum vollständigen Verschluss dieses halboffenen Canals und zur Fixirung des Thermometers.

Nach längerer Galvanisirung ist die Haut der Ohrmuschel aussen und innen geröthet, heiss anzufühlen und etwas geschwellt wie nach der Durchschneidung des Halssympathicus. Einer meiner letzten Versuche ergab nach längerer Elektrisation (ca. 12—15 Minuten) eine Differenz von 2,2° C., nämlich 36,8° C. am elektrisirten, dagegen 34,6° C. am intacten Ohr.

Die Bestimmungen der Temperaturdifferenz an der Haut des Sternums des Menschen wurden mittelst der Illner'schen Thermosäulen nach der auf der folgenden Seite beschriebenen Methode angestellt.

In den letzten Jahren habe ich die obigen durch thermometrische Messungen an contrahirten Muskeln gewonnenen Zahlenwerthe durch

vergleichende thermoelektrische Messungen wiederholt auf ihre Richtigkeit geprüft.

Ich bediente mich zu dem Zwecke der von Heidenhain[1]) empfohlenen und von Mechanikus Illner in Breslau angefertigten 16paarigen Thermosäulen von Wismuth und Antimon. Dieselben sind in so hohem Grade empfindlich, dass ich, um dieselben für diese immerhin beträchtlichen Temperaturdifferenzen benutzen zu können, die Empfindlichkeit der Spiegelboussole durch mehrzöllige Entfernung der Drahtwindungen von der den Magnetspiegel einschliessenden Kupferhülse abdämpfen musste.

Die Versuchsanordnung war folgende: Die eine Löthstellenfläche der Säule wurde am Vorderarm der Versuchsperson auf die Muskelgruppe der Strecker oder am Unterschenkel auf den Tibialis anticus von einem Assistenten mit sanftem Drucke aufgesetzt und dadurch mit der Hautoberfläche in gleichmässiger Berührung erhalten, dass er die Volarfläche der vordersten Phalanx des Zeigefingers auf die entgegengesetzte Löthstellenfläche aufdrückte, während Daumen und Mittelfinger die an der Metallumfassung angebrachten Ringe hielten. Durch die dauernde Berührung der zweiten Löthstellenfläche mit der Volarfläche der vorderen Zeigefingerphalanx wurden die Löthstellen hier auf einer nahezu constanten Temperatur erhalten, welche von der Temperatur der entgegengesetzten, auf dem Muskel stehenden Löthstellenfläche nur wenig abwich. Die Schwankungen der Temperatur in der deckenden Fingerspitze sind an sich unerheblich und können besonders gegenüber der Grösse der Temperatursteigerung, welche die Muskelcontraction an der anderen Löthstellenfläche zu Wege bringt, als eine Fehlerquelle von geringer Bedeutung bezeichnet werden, umsomehr als es sich hier nur um die Bestimmung relativer, nicht absoluter Temperaturdifferenzen handelt.

Die Pole der Thermosäule waren mit der Wiedemann'schen Spiegelboussole durch Telegraphendrähte (Kupfer in Guttaperchahülle) verbunden. Die Ablesung der Ablenkungen des Magnetspiegels geschah durch ein in stets gleicher Entfernung (1,5 m) von dem Spiegel aufgestelltes Steinheil'sches Fernrohr. Die Contraction der Muskeln, deren Temperatur bestimmt werden sollte, wurde durch faradische Reizung des N. radialis am Oberarm, oder des N. peroneus am Capitulum fibulae erzielt, wobei die zweite Elektrode auf dem Sternum stand, sodass die peripherisch von der Hauptstrombahn liegenden Muskeln und die Thermosäule nicht von Stromschleifen erreicht wurden.

Bei stehender Elektrode aber offener Kette wurde nun die Temperatur beider Löthstellenflächen durch langandauernde Fixirung der Säule in der oben angegebenen Stellung in Gleichgewicht gesetzt. War der Magnetspiegel vollständig in Ruhe gekommen, so wurde die Kette ausserhalb der Versuchsperson im metallischen Theil des Inductionsapparates geschlossen und nun die Ablenkung des Magnetspiegels verfolgt und von 15 zu 15 Secunden notirt.

In den ersten 15 Secunden nach Beginn der Contraction zeigte sich ganz in Uebereinstimmung mit den thermometrischen Beobachtungen ein leichtes Zurückgehen der Temperatur, wohl bedingt durch die geringe Verschiebung

[1]) Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. Ein Beitrag zur Theorie der Muskelkräfte. Leipzig 1864.

der Säule, welche die Emporwölbung des in Contraction gerathenden Muskels mit sich bringt. In der zweiten Hälfte der 1. Minute jedoch wird dieses geringe Sinken der Temperatur nicht nur ausgeglichen, sondern durch einen Ausschlag in entgegengesetzter Richtung abgelöst. Diese positive Ablenkung steigt mit der Fortdauer der Contraction ziemlich gleichmässig zu bedeutender Höhe.

Ein Beispiel möge hier genügen. Gemessen wurde die Temperatur der Haut über den Extensoren am Vorderarm, deren Contraction durch Faradisirung des N. radialis am Oberarm an der Umschlagsstelle erzielt wurde.

Contraction von 4 Minuten Dauer.

			Ablenkung.
Ablesung nach	0′ 15″	Contractionsdauer	— 1,5
do.	0′ 30″	do.	+ 2,3
do.	0′ 45″	do.	+ 5,0
do.	1′	do.	+ 7,2
do.	1′ 15″	do.	+ 9,5
do.	1′ 30″	do.	+ 15,0
do.	1′ 45″	do.	+ 17,5
do.	2′	do.	+ 19,0
do.	2′ 15″	do.	+ 20,3
do.	2′ 30″	do.	+ 24,0
do.	2′ 45″	do.	+ 27,5
do.	3′	do.	+ 30,1
do.	3′ 15″	do.	+ 32,1
do.	3′ 30″	do.	+ 37,3
do.	3′ 45″	do.	+ 39,0
do.	4′	do.	+ 40,2

Am Schluss der 4. Minute Oeffnen der Kette. Unmittelbar darauf beginnt die Ablenkung zurückzugehen. Das Rückschreiten geschieht bei unbedecktem Vorderarm schneller als das Ansteigen.

Bei der enormen Empfindlichkeit der Thermosäule und des Spiegelgalvanometers, der gegenüber das Quecksilber des Thermometers nur eine träge reagirende Masse ist, kann es nicht auffallen, dass das Ansteigen der Temperatur und das Absinken derselben sich viel prompter manifestirt, als bei der thermometrischen Messung. Die Thermosäule giebt die Veränderungen in der Wärmequantität fast momentan an, und deshalb beginnt hier die positive Ablenknng schon 30 Secunden nach Schluss der Kette und unmittelbar nachdem die durch die Locomotion der Säule an der Oberfläche des sich verkürzenden Muskels bedingte negative Schwankung ausgeglichen ist.

Ebenso beginnt das Zurückgehen des Spiegels fast momentan mit dem Oeffnen der Kette. Das Steigen dauert noch nach Schluss der Contraction etwa 2—3 Secunden an, um dann in Sinken umzuschlagen.

Die Empfindlichkeit der Illner'schen Säulen gestattet es auch, die geringen Temperaturerhöhungen bei Contraction einzelner Muskeln von sehr kurzer Dauer — mag die Verkürzung nun willkürlich oder auf faradischem Wege herbeigeführt sein — zu constatiren, und es lassen sich auf diese Weise manche Versuchsreihen,

welche Heidenhain am belastcten und unbelasteten Froschmuskel anstellte, am Menschen mit ähnlichem Erfolge wiederholen

Ich habe endlich auch das **Verhalten der Wärmeproduction in glatten Muskeln** während ihrer Contraction geprüft.

Es eignet sich zu solchen Versuchen am besten der Hundedarm, weil derselbe eine verhältnissmässig dicke Muskulatur besitzt. Nach genügender Chloroformirung des Thieres wurde der Bauch geöffnet und in den Dünndarm durch eine kleine Schnittöffnung ein feines Geissler'sches Thermometer weit hinauf eingeschoben, die unpolarisirbaren Elektroden an der Aussenwand des Darmes entsprechend der Stellung des Quecksilberreservoirs applicirt, und nun der faradische Strom in verschiedenen Intensitätsgraden eingeleitet. Die auf kräftige Ströme eintretende feste Contraction des Darmstückes setzt Erblassen desselben und Sinken des Queksilbers um 0,6—0,8. Nach dem Oeffnen der Kette röthet sich das betreffende Darmstück etwas mehr als die anstossenden Partien, und die Temperatur des Quecksilbers steigt um 1,0—1,5, also etwa 0,5 über die Wärme der anstossenden Darmpartien, was man leicht durch Vorschieben und Zurückziehen der Thermometerspindel constatiren kann.

Versuchsbeispiele.

I. Temperatur eines frisch aus der Bauchhöhle des chloroformirten Hundes herausgezogenen Dünndarmstückes im Innern 34,9° C.
Sofort Reizung durch kräftigen Inductionsstrom. Darmwand fest contrahirt und erblasst. Temperatur sinkt in 2 Minuten auf 30,0
Oeffnen der Kette. Allmäliges Steigen der Temp. auf 33,5

II. Neue Darmschlinge herausgezogen. Temperatur des Innern . 35,0
Kräftige Reizung durch constanten Strom (28 Ell.) mit unpolarisirbaren Elektroden. Energische Erhärtung und Erblassung.
Temp. sinkt nach 2 Min. dauernder Galvanisirung auf 32,0
Temp. ist nach 3 32,5
Oeffnen der Kette. Die Temperatur steigt ziemlich rasch auf 34,9,
während sie ohne Galvanisirung durch die Abkühlung stetig sinkt, was an Nachbarschlingen constatirt wurde.

Dasselbe Resultat ergab sich, wie nach den Versuchen von Helmholtz und Heidenhain zu erwarten war, auch wenn die Blutzufuhr zu der betreffenden Darmschlinge durch Umschnürung des Mesenteriums, sowie durch Abschnürung der nach oben und unten anstossenden Darmpartien ganz aufgehoben wurde: die Temperatur sank auch hier während der Contraction, stieg aber bei schwächeren Strömen noch während der Dauer der Contraction und stärker nach dem Oeffnen der Kette und der Wiederausdehnung des Darmrohrs.

Wir ersehen aus diesen Versuchen, dass auch in glatten Muskeln durch längere faradische und galvanisehe Contraetion die Temperatur erhöht wird und dass diese Steigerung der Wärmeproduction von dem jeweiligen Blutgehalte unabhängig ist.

Nachdem die Thatsache, dass sich durch die Muskelcontraction Wärme entwickle, von Becquerel und Breschet sowie von mir am lebenden Menschen, von Helmholtz am ausgeschnittenen Froschmuskel festgestellt war, hat man sich in der neuesten Zeit vielfach dem Studium der physiologischen Ursachen und der functionellen Bedeutung dieser interessanten Erscheinung hingegeben. Béelard[1]) verglich die Temperatursteigerung in Muskeln, welche mit ihrer Contraction eine mechanisehe Arbeit verriehteten, mit der Wärmesteigerung in Muskeln, die bei ihrer Zusammenziehung keine Arbeit leisteten, sondern entweder nur das Gewicht des anhängenden Körpertheils und den Widerstand der Antagonisten zu überwinden hatten, oder dureh Fixirung ihrer Enden an der Verkürzung, also auch an der Arbeitsleistung verhindert wurden, und wies zunäehst nach, dass die Wärme in den meehanisch arbeitenden Muskeln sieh nicht so bedeutend steigere, als in den nicht arbeitenden, welche um 0,10 bis 0,25° C. wärmer gefunden wurden als die ersteren. Béclard schliesst daraus, dass Arbeit und Wärme, als gemeinsame Effecte der Muskelaction sich complementär zu einander verhielten.

An Béclard's Arbeit schliessen sich zunächst die Untersuchungen von Solger[2]), Meyerstein und Thiry[3]), und Heidenhain[4]) an.

Durch die schöne Arbeit Heidenhain's ist die Frage von der Wärmebildung im Muskel zu einem gewissen Abschluss gekommen. Heidenhain experimentirte am ausgeschnittenen Froschmuskel, dessen Wärme durch eine anliegende Thermosäule bestimmt, und dessen Arbeitsleistung berechnet wurde nach der Schwere der angehängten Gewichte und nach der Höhe, zu welcher diese durch die Contraction

---

[1]) Archives générales de médecine. 1861. XVII. p. 21.

[2]) Studien des physiol. Instituts zu Breslau. II. S. 125. 1862.

[3]) Zeitschrift f. rationelle Medicin. XX. S. 45.

[4]) Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. Ein Beitrag zur Theorie der Muskelkräfte. Leipzig 1864.

gehoben wurden. Das im Beginn des Tetanus von Solger sowie von Thiry und Meyerstein am Froschmuskel durch thermoelektrische Bestimmungen, von mir fast constant auch am Menschen vermittelst des Quecksilberthermometers constatirte Sinken der Temperatur, die negative Wärmeschwankung, welche Valentin an den Muskeln von Murmelthieren experimentirend nicht bestätigen konnte, führt Heidenhain auf eine mechanische Fehlerquelle zurück, nämlich auf die Verschiebung des wärmemessenden Instrumentes in oder auf dem Muskel, welche mit dem Beginn der Verkürzung gewöhnlich eintritt und das betreffende Instrument mit kühleren Punkten in Berührung bringt, als die sind, deren Temperatur es nach vorgängiger ruhiger Lage angenommen hatte. Heidenhain war durch eine zweckmässige Vorrichtung, welche eine solche Verschiebung verhinderte, im Stande, die negative Wärmeschwankung stets zu vermeiden.

Die Temperatur steigt nach Heidenhain sofort beim Beginne des Tetanus, anfangs schnell, später langsamer. Der Muskel entwickelt bei jeder Zuckung Wärme. Mit fortschreitender Ermüdung des Muskels sinkt die Wärmentwicklung schneller, als die Arbeitsleistung. Wenn der Muskel, durch Inductionsschläge von stets gleicher Stärke vom Nerven aus zu Zuckungen veranlasst, mit steigenden Gewichten belastet wird, so steigt bis zu einer gewissen Grenze der Belastung sowohl die von dem Muskel geleistete Arbeit, als auch die durch den Muskel entwickelte Wärme, und zwar letztere langsamer als erstere. Jenseits einer gewissen Grenze der Belastung sinkt die Wärmeentwicklung und bei noch höheren Gewichtswerthen auch die Arbeitsleistung.

Wenn man einen belasteten Muskel vom Nerven aus tetanisirt und in einem ersten Falle sich frei contrahiren lässt, während in einem zweiten Falle die Verkürzung verhindert wird, so entwickelt der Muskel im zweiten Falle beträchtlich mehr Wärme als im ersten, wo ein Theil der Wärme in mechanische Arbeit umgesetzt wird.

Wenn der Muskel vor der Thätigkeit mit einem und demselben Gewichte gespannt wird, in Thätigkeit versetzt aber steigende Gewichte hebt, so nimmt mit der Grösse dieser (Ueberlastungs-) Gewichte die Wärmeentwicklung und innerhalb gewisser Grenzen auch die mechanische Leistung zu. — Wenn der Muskel umgekehrt vor der Thätigkeit durch wachsende Gewichte gespannt, bei derselben aber immer mit demselben Gewichte belastet wird, so steigt der mechanische wie der thermische Effect mit der Spannung des ruhenden Muskels.

Der Stoffumsatz im thätigen Muskel, repräsentirt durch die Säureentwicklung, steigt und fällt mit der Summe von lebendigen Kräften, welche bei der Thätigkeit zur Erscheinung gelangen.

Diese Resultate der Heidenhain'schen Untersuchungen lassen uns einen Einblick in die Wärmeökonomie des Muskelsystems und ihre ersten Ursachen thun. Der Reiz, den der motorische Nerv auf den Muskel überträgt, ruft in demselben Contraction und damit Oxydationsvorgänge hervor, welche durch den Nachweis des vermehrten Verbrauches von Sauerstoff und der gesteigerten Ausscheidung von Kohlensäure [1]), durch den Nachweis der Zunahme des Kreatin- und Kreatiningehaltes [2]), des Verbrauches von Muskeleiweiss [3]), der Entwicklung einer freien Säure [4]) in der Muskelsubstanz bei angestrengter Thätigkeit derselben hinreichend festgestellt sind. Diesen Oxydationsvorgängen verdankt die Wärmesteigerung zum grössten Theil, wenn nicht allein, ihre Entstehung, und die Wärme wird ihrerseits direct in mechanische Arbeit umgesetzt. Die Beschleunigung der Circulation, welche nach den Versuchen von Ludwig und Sczelkow [5]) im thätigen Muskel constant stattfindet, scheint für die Wärmeentwicklung nur insoweit von Belang zu sein, als sie der gesteigerten Oxydation entsprechendes Brennmaterial herbeischafft. Am meisten spricht gegen die Erklärung der Wärmezunahme aus vermehrter Blutzufuhr die Wärmesteigerung in Muskeln, welche der Circulation entzogen sind, wie es die Versuche von Helmholtz und Heidenhain am ausgeschnittenen Froschmuskel und meine oben erwähnten Versuche am Darm des lebenden Hundes erwiesen haben. Sodann dürfte die Temperatursteigerung im thätigen Muskel mit derjenigen, welche man nach Durchschneidung des N. sympath. cervical. mit Bernard am Kaninchenohr erhält, nicht in Parallele zu stellen sein, da sich bei diesem Experimente eine beträchtliche Erweiterung sämmtlicher Gefässe und damit eine erhebliche Verlangsamung des Blutstroms ein-

---

[1]) Sczelkow, Die Lehre vom Gasaustausch in verschiedenen Organen des Körpers. Sitzungsbericht d. Wiener Akad. der Wissensch. Bd. 45. A. II. S. 171. 1862.

[2]) Liebig Chemische Untersuchungen über das Fleisch. 1847. S. 36, und Sarokow, Virchow's Archiv. Bd. XXVIII. S. 544.

[3]) Ranke, Der Tetanus. Eine physiol. Studie. Leipzig 1865.

[4]) Du Bois-Reymond, Monatsbericht der Berliner Akademie der Wissenschaften. 31. März 1859.

[5]) A. a. O. p. 200.

stellt, während im contrahirten Muskel die Strombahn enger und die mittlere Geschwindigkeit der Strömung gesteigert ist. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass nach beendeter Muskelcontraction eine Erweiterung der vorher verengten Gefässe und eine stärkere Füllung mit Blut, Verlangsamung der Circulation und vermehrte Ausscheidung von Plasma stattfindet, und dass hierdurch jene bedeutende Volumszunahme und jene Härte der Muskeln entsteht, welche auf langdauernde, durch elektrische Reizung erzielte Contractionen folgen, und welche man im täglichen Leben nach jeder angestrengten Muskelthätigkeit beobachten kann.

Es leuchtet von selbst ein, wie wichtig dieser Einblick in die Vorgänge am arbeitenden Muskel für das Verständniss der Folgen gestörter oder aufgehobener Muskelthätigkeit ist, wie wichtig ferner für die Beurtheilung des Nutzeffectes solcher Eingriffe, wie sie die heutige Therapie zur Herstellung der normalen Ernährung und Function des Muskels empfiehlt. Gerade in unseren Tagen, wo für die Pathologie und Therapie der Muskelerkrankungen so viel geleistet wird, musste die Förderung der Muskelphysiologie doppelt erwünscht sein.

Die Feststellung der Thatsache, dass ein langdauernd und energisch contrahirter Muskel eine rasche Wärmesteigerung von mehreren Graden erfährt, ist neuerdings auch für die Pathologie des Tetanus fruchtbringend gewesen. Leyden[1]) hat experimentell festzustellen gesucht, dass die enorm hohe Körperwärme, welche bei Tetanuskranken während des Lebens und selbst noch einige Zeit nach dem Tode zunehmend von Wunderlich[2]), Traube, Ebmeier[3]), Billroth[4]) und Andere constatirt wurde, wenn nicht ganz, so doch zum grössten Theil von der in den starren Muskeln entwickelten überschüssigen und daher im ganzen Körper sich abgleichenden Wärme abzuleiten sind. Leyden erzielte bei Hunden durch Faradisirung des Rückenmarks einen Tetanus, durch den die Blutwärme in einem Falle um 5,2 ° C. in die Höhe getrieben wurde, wie das in dem After befindliche Thermometer zeigte. Ganz wie bei meinen Versuchen sank das Quecksilber beim Beginn des Tetanus um ein Weniges, und stieg

[1]) Beiträge zur Pathologie des Tetanus. Virchow's Archiv. Bd. XXVI. 1863. S. 538.

[2]) Archiv der Heilkunde. II. S. 547, und III. S. 175.

[3]) Bei Leyden a. a. O.

[4]) Beobachtungsstudien über Wundfieber. Archiv f. Chirurgie. Bd. II.

auch nach dem Aufhören desselben noch etwas. Billroth und Fick[1]) wiederholten einerseits den Versuch Leyden's mit noch eclatanterem Erfolge, indem sie die Mastdarmtemperatur des Hundes durch 5 Tetanusanfälle von 39,9° auf 45° C., also um 5,1° C. hinauftrieben; alsdann aber controlirten sie mit der Mastdarmtemperatur gleichzeitig auch die Temperatur der Muskeln, indem sie die Thermometerkugel zwischen die Muskeln an der Hinterseite der Oberschenkel einschoben. Hier zeigte sich nun, dass die Temperatur der betreffenden Muskelgruppe im Tetanus rascher steigt, in der Ruhe rascher sinkt, als die Temperatur im Mastdarm; dass sie die letztere, die doch normal um 0,3° C. höher steht, allemal im Anfalle schnell überholt und beträchtlich höhere Werthe erlangt, als diese. Hiernach erscheint es Billroth und Fick nicht mehr zweifelhaft, dass, wofern überall die Temperatursteigerung beim Tetanus vermehrter Wärmebildung verdankt wird, der Sitz dieser letzteren vorzugsweise das Muskelgewebe ist. Die Muskeln wären hiernach am Ende des Anfalls heisser als die übrigen Gewebe des Körpers; nach dem Aufhören der überschüssigen Wärmebildung in den Muskeln würden die Temperaturen sich auszugleichen streben, und die Temperatur des Mastdarms und der übrigen weniger warmen Organe würde steigen durch den Zuwachs der Wärme, welche von den wärmeren Muskeln her zugeleitet wird.

Sowohl die aufgeführten Experimente als die ärztliche Erfahrung setzen es ausser Zweifel, dass für die Ernährung und den Fortbestand des Muskels als contractilen Organs die Ausübung seiner Function — die Contraction — Bedingung ist. Die Contraction ist die Erregerin des Stoffwechsels im Muskel und die Erzeugerin von Wärme und Arbeitsleistung. Häufig wiederholte, kräftige Verkürzungen steigern den Stoffumsatz und dadurch — die nöthige vermehrte Zufuhr von oxydirbarer Substanz vorausgesetzt — Umfang und Leistungsfähigkeit des Muskels, während in einem unthätigen Muskel mit der Beschränkung des Stoffwechsels auch beide Effecte sinken. Ein Muskel endlich, der an der Contraction gänzlich verhindert ist, sei es nun durch Innervationsstörungen Seitens der centralen oder peripherischen Nervenapparate, oder durch mechanische Hindernisse, als Ankylosen u. dergl., oder endlich durch Erkrankung

---

[1]) Versuche über die Temperatur bei Tetanus. Vierteljahrsschr. d. naturforsch. Gesellsch. in Zürich. VIII. 1863. S. 427 ff.

seiner Substanz selbst, magert allmälig ab und geht schliesslich durch einfache Atrophie oder fettige Degeneration zu Grunde. Dieser Ausgang tritt bei der beträchtlichen Widerstandsfähigkeit des Muskelgewebes freilich meist erst nach Jahren ein. In allen diesen Fällen ist, wenn es sich um die Erhaltung des Muskels handelt, die Wiederherstellung der Contraction die erste Bedingung für die Aufbesserung der Ernährung und der Leistungsfähigkeit. Von der Möglichkeit, diese Forderung zu erfüllen, die verschiedenartigen, der willkürlichen oder künstlichen Contraction sich entgegenstellenden Hindernisse zu überwinden, hängt es ab, ob und wie weit ein Heilerfolg erzielt werden kann.

Es erhebt sich hier die praktisch wichtige Frage, ob durch die Galvanisirung eines gesunden oder gelähmten Muskels resp. einer Muskelgruppe die Temperatur in derselben gesteigert wird, ohne dass eine Contraction stattfindet.

Dass Faradisirung eines gelähmten Muskels, welcher vermöge der Degeneration des betreffenden motorischen Nerven nicht mit Contraction reagirt, keine Temperatursteigerung in demselben selbst bei Anwendung starker Ströme zur Folge hat, lehren meine und Althaus' Versuche, wie oben mitgetheilt.

Bekanntlich wird aber neuerdings vielfach bei Muskelatrophien und Lähmungen die Anwendung eines schwachen constanten Stromes, der eine Contraction des Muskels nicht mit sich bringt, der Application des Inductionsstroms vorgezogen und eine günstige Einwirkung des galvanischen Stroms auf die Ernährung des Muskels statuirt, welche von der Verkürzung des Muskels ganz unabhängig sein soll. Es erschien mir nun unwahrscheinlich, dass eine Besserung der Ernährung, also eine Steigerung des Stoffumsatzes in dem Muskel stattfinden könne, ohne dass gleichzeitig Temperaturerhöhung zu bemerken wäre, und es galt deshalb zunächst festzustellen, ob ein gesunder Muskel, welcher längere Zeit von einem galvanischen Strome durchflossen werde, eine Veränderung seiner Temperatur wahrnehmen lasse.

Bei diesem Versuche mussten natürlich zuckungserregende Schwankungen der Stromdichte und hohe Stromstärken, welche galvanotonische Verkürzungen hervorrufen konnten, ausgeschlossen werden. Dies geschah durch vorsichtiges Einschleichen des Stromes. Die Versuchsanordnung war folgende: Die unpolarisirbaren Elektroden des galvanischen Stroms wurden der Art auf die Muskelbäuche

(Musc. rect. femoris des Menschen, die Strecker und Beuger am Oberschenkel des Hundes) applicirt, dass der Strom der Quere nach durch die Muskelmasse ging. Zwischen beiden Polen wurde die Thermometerspindel entweder auf den Muskelbauch (beim Menschen) applicirt oder in die Muskelsubstanz (beim Hunde) eingesenkt.

Als Versuchsbeispiel möge Nachstehendes dienen.

Das Thermometer in die freipräparirte Muskelmasse am Oberschenkel eines mittelgrossen chloroformirten Hundes (ohne Blutung oder Zerreissung von Muskelbündeln) eingesenkt.

Ein starker galvanischer Strom (30 Ell.) durch unpolarisirbare Elektroden von beiden Seiten direkt auf die Muskelsubstanz mittelst Einschleichens, sodass keine Zuckung entsteht, eingeleitet.

Temperatur des Muskels vor der Galvanisirung . . .	33,3 ° C.
Sinkt während 4 Minuten dauernder Galvanisirung (wohl in Folge der Abkühlung der freiliegenden Muskelmasse) auf . . .	31,7

Gegenprobe mit dem Inductionsstrom.

Kräftige Contraction von 2 Minuten Dauer	32,0
Pause von 2 Minuten, danach	32,5
Neue Contraction durch denselben Inductionsstrom von 2 Minuten Dauer. Danach	32,8
Oeffnen der Kette. Nach — 30″	33,05
„ 1′	33,2
„ 1′ 30″	33,5
„ 2′ . . .	33,9
„ 2′ 30″	34,2

Bei vergleichenden thermoelektrischen Prüfungen wurde die Säule ebenfalls auf den Muskelbauch aufgesetzt, aber der Schluss der thermoelektrischen Kette und die Ablesung nur während der Unterbrechung des Batteriestroms vorgenommen, um eine Einwirkung von Stromschleifen auf die Thermokette resp. den Multiplicator auszuschliessen.

Endlich wurde der constante galvanische Strom auch auf die Seitenwände des Hundedarms applicirt, nachdem in denselben die Thermometerspindel eingesenkt war. Auch hier wurde durch Einschleichen Contraction vermieden.

Das Resultat war in allen Fällen ein negatives. Bei keiner der vorstehenden Versuchsanordnungen liess sich eine Steigerung der Temperatur der betreffenden Muskelmasse nachweisen, mochte nun ein schwacher oder ein starker Strom kurze oder lange Zeit durch den Muskel gehen.

Diese Thatsachen gestatten zunächst nur den Schluss, dass die Temperatur des gesunden Muskels durch längere Durch-

leitung eines constanten, nicht Zuckung erregenden galvanischen Stroms nicht verändert wird.

Steigerung der Erregbarkeit. Die Reizung des motorischen Nerven sowie des Muskels durch constante sowohl als durch inducirte Ströme hat, wie schon oben angeführt wurde, eine Steigerung seiner Erregbarkeit oder Anspruchsfähigkeit zur Folge, und zwar ist dieselbe nach der Durchleitung galvanischer Ströme (gleichviel ob der negative oder positive Pol einwirkt) grösser als nach der Durchleitung des Inductionsstroms. Ich bemerkte schon oben, dass Remak die erregbarkeitssteigernde Wirkung des Stroms am Nerven des Lebenden bereits erkannt habe, dass er aber auf die Möglichkeit hingewiesen habe, es möchte hier die Abnahme des Leitungswiderstandes in der Oberhaut von grosser Bedeutung sein.

Diese Remak'sche Beobachtung, welche sich im Einklang mit den physiologischen Thatsachen befindet, deren oben Erwähnung geschah, ist von der Mehrzahl der späteren Beobachter bestätigt worden, jedoch hat nur Brenner bei seinen Versuchen dem physikalischen Momente der Abnahme des Leitungswiderstandes genügend Rechnung getragen. Brenner[1]) macht ausdrücklich darauf aufmerksam, dass die Versuche zur Prüfung der Erregbarkeitsveränderungen erst nach gehöriger Durchfeuchtung der Haut angestellt werden dürfen. Die alltägliche Erfahrung, dass ein unmittelbar nach dem Aufsetzen der Elektroden ausgeführter Kettenschluss keine oder eine schwächere Zuckung auslöst als eine spätere Schliessung nach längerer Einwirkung des galvanischen Stroms, beruhe grösstentheils darauf, dass bei jener ersten Kettenschliessung die Haut an der Ansatzstelle noch nicht durchfeuchtet war.

Ich muss mich dem durchaus anschliessen. Die dem elektrisirenden Arzte so sehr imponirende Besserung der Reaction nach längerer Einwirkung des Stroms erklärt sich grösstentheils durch die Abnahme der Leitungswiderstände in der Haut, welche gerade gegenüber dem galvanischen Strome eine so wichtige Rolle spielen. Durchfeuchtung der Epidermislagen, Füllung der Schweissdrüsentrichter mit Wasser, Hyperämisirung und seröse Durchtränkung des Cutisgewebes sind Momente, welche die Leitungsfähigkeit der Haut ganz erheblich bessern.

---

[1]) Untersuchungen etc. Bd. II. S. 65.

Es muss also bei Versuchen, die Veränderungen der Erregbarkeit zu prüfen, in dieser Hinsicht mit der grössten Vorsicht verfahren werden; es müssen die feinsten Hülfsmittel des Instrumentariums in Anwendung gezogen werden, wenn man die geringen Differenzen der Anspruchsfähigkeit exact in Zahlen ausdrücken will. In letzterer Beziehung ist die Anwendung unpolarisirbarer Elektroden des absoluten Galvanometers und des Rheostaten unentbehrlich.

Der Letztere gestattet allein eine hinreichend feine Graduirung der Stromstärke, während die Unpolarisirbarkeit der Elektroden nöthig ist, um Veränderungen in den Leitungswiderständen der Haut während der Dauer des Versuchs hintanzuhalten. Ich liess die Haut am Handgelenk oder am Kniegelenk, — je nachdem ich die Erregbarkeit des N. medianus und ulnaris oder des N. peroneus prüfen wollte — einige Stunden vor dem Beginn des Versuchs mit Warmwasserumschlägen unter Gummituch bedecken, um eine gründliche Durchfeuchtung der Epidermis und Füllung der Schweisstrichter mit Flüssigkeit zu erzielen. Das Einleiten des Stroms durch die fingerdicken Thonstiefel der unpolarisirbaren Elektroden verursacht an der Haut nur eine mässige Hyperämie, welche sich aber selbst bei stundenlangem Experimentiren an derselben Hautstelle nicht erheblich verstärkt oder ausbreitet. Man kann also während der Dauer des Versuchs auf ziemliche Constanz der Leitungswiderstände in der Haut rechnen, während die letzteren sich bei Anwendung gewöhnlicher Elektroden durch die polarisirende Nebenwirkung fortwährend ändern. Dabei kann man sehr hohe Stromstärken anwenden, ohne den Schmerz zum Unerträglichen zu steigern und unwillkürliche Bewegungen anzuregen.

Es zeigte sich nun eine scheinbare Steigerung der Erregbarkeit von verschiedener Dauer und Höhe, je nachdem schwache oder starke, kurze Schläge oder langdauerndes Strömen oder Commutation angewendet wurde.

Die Dauer der Erregbarkeitssteigerung erstreckt sich übrigens nach meinen Versuchen nur selten über eine Minute hinaus.

Wir dürfen aber nach den obigen Erörterungen über die Ergebnisse der Versuche von Gärtner und Jolly auch diese Erregbarkeitssteigerung sicher grossentheils auf Rechnung der durch den Strom rapid gebesserten Leitungsfähigkeit setzen. Die Frage nach der secundären und tertiären Erregbarkeitssteigerung scheint hiernach am Nerven des lebenden Menschen nicht zur Entscheidung gebracht werden zu können, sondern dürfte dem Thierexperiment zu überlassen sein.

Die sensiblen Nerven.

Es ist schon oben von der Einwirkung des elektrischen Stroms auf die sensiblen Hautnerven die Rede gewesen. Es genüge hier deshalb, zu bemerken, dass die Einleitung elektrischer Ströme auf den Stamm oder Zweig eines sensiblen Nerven dieselben subjectiven Erscheinungen im Gesammtbereich der Ausbreitungen des betroffenen sensiblen Nervenstamms hervorruft, als wenn die peripherischen Nervenendigungen unmittelbar gereizt werden. Auch hier ist der Schmerz, welcher in der peripherischen Ausbreitung des Nerven empfunden wird, verschieden je nach der Art des einwirkenden Stroms. Der inducirte Strom ruft einen prickelnden, stechenden Schmerz hervor, welcher während der ganzen Dauer der Reizung gleichstark fortdauert, der constante erregt einen mehr brennenden Schmerz, welcher am stärksten beim Schliessen der Kette, schwächer beim Oeffnen und am schwächsten während der Dauer des Fliessens ist. Auch hier zeigt sich, wie bei der Reizung des motorischen Nerven und der unmittelbaren Erregung der Hautnervenausbreitungen, Ueberwiegen des negativen Pols über den positiven.

Bei der Reizung durch Inductionsströme wächst der Schmerz mit der Schnelligkeit der Unterbrechungen. Als die Ursache dieser Erscheinung sieht man Folgendes an. Die Nachempfindung, welche jeder Schliessung und Oeffnung der Kette folgt, hat bei langsamen Unterbrechungen eher abzuklingen Zeit, als bei rapider Aufeinanderfolge von Oeffnung und Schliessung der Kette. Deshalb summirt sich bei kurzer Dauer der Unterbrechung die volle Nachempfindung mit dem Reizeffect der neuen Schliessung zu hohen Werthen, während bei längerer Dauer jeder einzelnen Unterbrechung der erste Summand, nämlich die (bekanntlich rasch abnehmende) Nachempfindung sich vermindert und sonach mit dem neuen Reizeffect summirt geringere Werthe ergiebt.

Die sensiblen Nervenfasern der Muskeln werden bekanntlich als diejenigen Bahnen angesehen, auf denen das sogenannte Muskelgefühl zum Bewusstsein gebracht wird. Unter pathologischen Verhältnissen gelangt durch dieselben Bahnen aber auch das Gefühl des Muskelschmerzes zum Bewusstsein, z. B. nach Ueberanstrengungen einzelner oder vieler Muskeln, beim Muskelkrampf, bei

den Entzündungen und Contracturen der Muskelmassen u. s. w. Diese sensiblen Muskelnerven sind zwar bekanntlich anatomisch noch nicht nachgewiesen, allein ihre Existenz kann nichts destoweniger sowohl aus physiologischen als pathologischen Thatsachen mit Sicherheit erschlossen werden.

Duchenne hat das Verdienst, auf die durch faradische Contraction der Muskeln entstehenden Empfindungen zuerst aufmerksam gemacht und gezeigt zu haben, dass diese „Sensibilité électro-musculaire" ganz unabhängig von der Erregung sensibler Hautnerven bestehe, insofern sie sich auch bei Muskeln, welche durch Verletzungen, Operationen u. s. w. vollkommen blossgelegt seien, durch Einleitung inducirter Ströme auf die freiliegende Muskelsubstanz nachweisen lasse. Bestätigt wird diese Angabe Duchenne's durch Beobachtungen an manchen Lähmungsformen, besonders bei hysterischen, wo, wie ich dies ebenfalls wiederholt beobachtete, trotz vollkommener Hautanästhesie die Muskelsensibilität bei faradischen Contractionen sich erhalten zeigte. Wir können also wohl als feststehend betrachten, dass jede elektrische Contraction eines quergestreiften Muskels in demselben eine Empfindung erregt, deren Intensität in geradem Verhältnisse zur Intensität des Stromes, d. h. zur Energie der Contraction steht. Durch allmälige Steigerung der Stromstärke kann diese Empfindung von dem Gefühl leichter Spannung bis zum heftigsten Schmerze gesteigert werden.

Duchenne hat diese von ihm als Sensibilité électro-musculaire bezeichnete Eigenschaft mit besonderer Vorliebe behandelt und ist endlich zu Schlüssen gelangt, welche wir als zu weitgehend bezeichnen müssen. Er statuirt für die einzelnen Muskeln sehr verschiedene Grade der elektro-muskulären Sensibilität und hält die genaue Kenntniss derselben für die Zwecke der Faradisation für viel wichtiger als die Kenntniss der übrigen Eigenschaften des Muskels [1]).

Es geht indessen aus den Angaben, welche Duchenne über die verschiedenen Grade der elektro-muskulären Sensibilität bei einzelnen

[1]) Il importe beaucoup moins à l'opérateur, surtout lorsqu'il applique la faradisation musculaire à la therapeutique, de connaitre le degré d'excitabilité de la motricité des nerfs ou de la contractilité électrique des muscles, que de savoir, quel est le degré de sensibilité developpée par la faradisation de ces nerfs ou de ces muscles .... C'est donc principalement sur la connaissance du degré d'excitabilité de la sensibilité électro-musculaire que repose l'art de la faradisation musculaire localisée, appliquée à la thérapeutique etc. Electrisation localisée. III. Edit. p. 76 ff.

Muskeln, z. B. bei den Gesichtsmuskeln, den Cucullares, den Sternocleidomastoideis, den Pectorales u. A. macht, wie Remak[1]) 1855 schon bemerkte, mit Sicherheit hervor, dass Duchenne vielfach die Sensibilität der Haut und die durch oberflächliche Lage der innervirten motorischen Nerven bedingte Leichterregbarkeit von Muskelcontractionen mit in den Bereich der elektro-muskulären Sensibilität gezogen habe. Die Einwürfe Remak's haben Duchenne jedoch nicht überzeugt, wie aus den citirten Worten der III. Auflage seines Werkes hervorgeht.

Ich kann diese Ansicht Duchenne's von der grossen Verschiedenheit und praktischen Wichtigkeit der elektro-muskulären Sensibilität nicht theilen. Ich will zwar die Richtigkeit der Voraussetzung nicht in Abrede stellen, dass die Zahl der sensiblen Nervenfasern in den einzelnen Muskeln eine verschiedene sei, ja es erscheint mir sogar nicht unwahrscheinlich, dass kleine, vielbeschäftigte und mit den subtilsten Leistungen beauftragte Muskeln, wie z. B. die des Gesichts, der Vorderarme und Hände verhältnissmässig reicher an sensiblen Fasern resp. Endapparaten seien, als grosse und zu groben Arbeiten bestimmte Muskeln, z. B. die des Oberschenkels, des Gesässes u. A., allein die faradische Reizung der vorgenannten kleinen Muskeln lässt uns einen solchen Unterschied nicht erkennen. Wo wir bei der Faradisirung der Gesichts-, Hals-, Hand- und Vorderarmmuskeln im Stande sind, eine starke Erregung der sensiblen Haut- und Periostnerven zu vermeiden, finden wir die Contraction der genannten Muskeln nicht schmerzhafter als die von grösseren Muskelmassen.

Für Duchenne ist, wie er selbst immer wieder betont, der praktische Gesichtspunkt massgebend. Nach ihm ist bei der therapeutischen Anwendung der Faradisation die genaue Kenntniss der jedem einzelnen Muskel innewohnenden Sensibilité nöthig, um die demselben zu einer energischen und möglichst schmerzlosen Contraction nöthige „Dosis“ Elektricität zu geben[2]).

Bei dieser Aufgabe kommen aber eine Reihe sehr verschiedener Momente in Betracht, nämlich einmal die sensiblen Nerven der Haut, des Periosts und Perichondriums, die sensiblen Nerven des Muskels resp. seiner Bindegewebsscheiden, dann die Grösse des zu verkürzen-

---

[1]) Ueber methodische Elektrisirung gelähmter Muskeln. I. Aufl. S. 24.

[2]) . . . administrer à chacun des muscles ou des nerfs la dose de l'électricité nécessaire à la production d'une contraction musculaire energique, et cela sans développer une grande douleur. l. c. p. 75.

den Muskels, endlich die Erreichbarkeit seines motorischen Nerven, welche wiederum abhängt von der Lage desselben zur Oberfläche, von der Dicke der Epidermis, des Fettpolsters u. s. w. Alle diese Dinge wirft Duchenne, wie sich aus seinen Angaben über die Empfindlichkeit einzelner Muskeln gegen den Strom mit Sicherheit ergiebt, zusammen.

Die Sinnesnerven.

A. Der Sehnerv.

Die eigenthümliche Einwirkung des galvanischen Stroms auf den Sehnerven beim Schliessen und Oeffnen der Kette wurde von Volta[1]) gegen Ende des vorigen Jahrhunderts entdeckt. Genauer studirt wurden im Anfang dieses Jahrhunderts die galvanisch-optischen Phänomene durch Ritter[2]), der die Persistenz der Licht- und Farbenerscheinungen bei geschlossener Kette zuerst constatirte, Purkinje[3]), der eine Reihe einzelner Phänomene hinzufügte und Joh. Müller[4]), der die ganze Lehre bereits in einen Rahmen zu fassen vermochte.

In der neueren Zeit haben sich mit der elektrischen Reaction des Opticus besonders Brunner[5]), Funke[6]), Helmholtz[7]), Brenner[8]), dann Neftel[9]), M. Rosenthal[10]) und Tscherbatscheff[11]) beschäftigt.

Durch diese Autoren ist die Lehre von den galvanischen Phosphenen jener zahlreichen Subjectivitäten entkleidet, welche ihr seit

---

[1]) Collezione dell' Opere. Tom. II. P. II. p. 124.

[2]) Gilbert's Annalen der Physik. Bd. VII. 1801, und Bd. XIX. 1805.

[3]) Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Beiträge zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht. Bd. I. S. 50ff. Prag 1819. Bd. II. S. 31. 1825.

[4]) Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig 1826.

[5]) Ein Beitrag zur elektrischen Reizung des Nervus opticus. Leipzig 1861.

[6]) Lehrbuch der Physiologie. Leipzig 1864. Bd. II. S. 318.

[7]) Handbuch der physiologischen Optik (in Karsten's Allgem. Encyclopädie der Physik. Bd. IX.). Leipzig 1867. S. 202 ff. und „Nachträge“, S. 839.

[8]) Untersuchungen etc. Bd. I. S. 26ff. Bd. II. S. 35ff.

[9]) Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. Bd. VI. S. 415. 1878.

[10]) Ebenda. Bd. IX. S. 61. 1879.

[11]) Ueber die Wirkung des constanten Stroms auf das normale Auge. Dissert. Bern 1880.

Ritter und Purkinje anhaftete, und in ihren Grundzügen, welche wir allerdings zum grössten Theil schon den Beobachtungen der eben genannten Forscher verdanken, befestigt worden.

Helmholtz fasst die Wirkung constanter Ströme nicht mehr, wie es bis dahin geschen war, als einfache Reizung auf, sondern als Veränderungen der Reizempfänglichkeit durch den elektrotonischen Zustand; und zwar verlegt er auf Grund von Versuchen mit schmalen Zuleitern den Sitz der Phänomene in die Radialfasern der Netzhaut, deren elektrotonischer Zustand zur Erscheinung komme, während eine constante schwache innere Erregung an der hinteren Fläche der Netzhaut stattfinde. „Legt man, sagt Helmholtz l. c. S. 840, die negative Elektrode im Nacken an und benutzt als positive Elektrode ein kegelförmig zugespitztes und mit Salzwasser getränktes Stück Schwamm, welches an einem Stiel von Metall befestigt ist, und nahe am äusseren Augenwinkel an die wohlbefeuchteten Augenlider mit seiner Spitze angelegt wird, so erscheint das Gesichtsfeld nach der Nasenseite hin dunkel, auf der Schläfenseite hell; die Eintrittsstelle des Sehnerven, welche in den hellen Theil fällt, erscheint dunkel. Wendet man das Auge so, dass der Fixationspunkt an die Grenze des hellen und dunklen Theils fällt, so erscheint von ihm aus ein helles Lichtbüschel gegen den dunklen Theil, ein dunkles Büschel gegen den hellen Theil des Gesichtsfeldes gekehrt. Diese beiden oval abgegrenzten Büschel bedecken etwa die Ausdehnung des gelben Flecks. Kehrt man die Stromesrichtung um, so vertauschen sich Hell und Dunkel der ganzen Erscheinung."

Die Erklärung dieser Phänomene, welche H. mittelst des Pflügerschen Gesetzes vom Elektrotonus versucht, ist folgende: „Wenn die positive Elektricität auf der äusseren Seite des Auges in den Augapfel einströmt, an der inneren und hinteren Seite wieder ausströmt, so wird die Erregbarkeit der Netzhaut an ihrer hinteren Fläche dort geschwächt, hier vermehrt werden; daher die innere Hälfte des Sehfeldes, welche der äusseren Netzhauthälfte entspricht, dunkel, die äussere Hälfte desselben hell erscheinen muss. Der Sehnerv wirkt wahrscheinlich als schlecht leitende Masse und schwächt den Strom nahe seiner Eintrittsstelle, daher dieser sich durch entgegengesetzte Beleuchtung vor ihrem Grunde auszeichnet. Steht der gelbe Fleck an der Grenze der entgegengesetzt durchströmten Netzhauttheile, so geht in ihm die Strömung nach der Flächenrichtung der Netzhaut. Im gelben Fleck haben wir aber auch in der Fläche der Membran

verlaufende Faserbündel. Diese werden also von der positiven Elektricität in der Richtung von der Schläfe nach der Nase durchflossen, d. h. die Fasern an der Schläfenseite der Netzhautgrube werden durchflossen in der Richtung gegen ihr mit den Zapfen in Verbindung stehendes Ende hin, die an der Nasenseite der Netzhautgrube von diesem Ende weg. In jenen wird die Erregung gesteigert, in diesen vermindert; daher das helle Bündel auf der Nasenseite des Fixationspunktes im Gesichtsfelde, der dunkle Büschel auf seiner Schläfenseite. Aendert man die Eintrittsstelle des Stroms, so verschiebt sich die ganze Erscheinung entsprechend."

Brenner hat (l. c.) die Frage von der galvanischen Opticus-Erregung experimentell durchgeprüft und dieselbe von seinem (polaren) Standpunkte aus, nach welchem die Stromrichtung ohne Einfluss ist, vielmehr die wahrnehmbaren Effecte der Galvanisirung reine Polwirkungen sind, in präciser Weise zusammengestellt. Wir wollen das Wichtigste dieser Brenner'schen Darstellung in kurzen Zügen wiedergeben, da aus derselben der jetzige Stand der Frage klar hervorgeht.

Die optischen Reizerscheinungen, welche bei Einwirkung eines galvanischen Stroms auf das Auge beim Schliessen und Oeffnen der Kette in Form von Blitzen an einer bestimmten Stelle des inneren Auges entstehen, kommen dadurch zu Stande, dass der Sehnervenapparat selbst vom Strom getroffen wird.

Die Leichtigkeit, mit welcher der Sehnerv auf den elektrischen Strom reagirt, ist bei verschiedenen Individuen sehr verschieden. Ebenso bietet auch die Qualität der Reaction, insbesondere die Form und Färbung des Lichtbildes bei verschiedenen Personen die grössten Differenzen dar.

Von grosser Wichtigkeit für die Leichtigkeit des Zustandekommens ist die Stellung der beiden Elektroden zu dem Augapfel und zu einander. Es ist nämlich die optische Erscheinung, wenn beide Elektroden in nahezu gleicher Entfernung vom Sehnerven in der Umgebung des Auges aufgesetzt werden, überhaupt schwierig hervorzurufen und bleibt selbst unter den günstigsten Umständen undeutlich. Mit Leichtigkeit und Deutlichkeit entsteht dieselbe nur, wenn die Entfernung beider Elektroden vom Sehnerven eine verschiedene ist; jedoch darf die Entfernung der beiden Elektroden von einander weder eine zu grosse noch eine zu geringe sein.

Der Sehnervenapparat reagirt auf den Strom mit der Empfindung eines je nach den Polen verschieden gefärbten Lichtbildes, und zwar tritt jedesmal dasjenige Lichtbild auf, welches der dem Auge am nächsten stehenden Elektrode entspricht.

Jedes bei Schliessung der Kette erscheinende Polbild besteht aus zwei Farben, von denen die eine intensiver ist, sich im Centrum des Bildes befindet, nach dem Schlusse der Kette länger andauert und schon bei geringer Stromstärke auftritt, während das andere einen blassen Hof um das erstere bildet, schneller verschwindet und höhere Stromstärke erfordert.

Diejenige Farbe, welche bei dem einen Pol das Centrum des Bildes erfüllt, bildet bei dem andern den Hof desselben und umgekehrt.

Während längerer Stromesdauer verschwindet die Lichterscheinung, welche einige Secunden nach dem Kettenschlusse in sich stetig vermindernder Intensität anhält, vollständig.

Bei der Oeffnung der Kette entsteht momentan ein Bild von der umgekehrten Farbenstellung des Schliessungsbildes. Sehr häufig wird hierbei nur eine der beiden Farben, aber in der die Umkehr des Bildes charakterisirenden Stelluug wahrgenommen.

Je grösser die Differenz in der Entfernung beider Elektroden vom Sehnerven, um so schwächer wird der Hof des Bildes und mit ihm diejenige Farbe, welche beim Kettenschlusse dem Centrum entsprechen würde, sobald die jetzt entferntere Elektrode mit der anderen die Ansatzstelle vertauscht.

Bei Dichtigkeitsschwankungen während ununterbrochener Stromesdauer treten dieselben Erscheinungen, nur mit geringerer Intensität auf, als bei Kettenschluss und -Oeffnung. Eine anschwellende Schwankung bringt einen der Kettenschliessung, eine abnehmende einen der Kettenöffnung analogen Reizeffect zu Wege.

Je mehr sich die Richtung derjenigen Linie, welche beide Elektroden mit einander verbindet, der Längsachse des Sehnerven annähert, um so grösser ist Dauer und Intensität der Erscheinung. Eine der günstigsten Anordnungen des Versuchs ist daher ceteris paribus diejenige, wobei man die eine Elektrode auf dem Nacken, die andere auf oder an dem Auge aufsetzt.

Das Lichtbild befindet sich nicht in der Richtung der Sehachse, sondern vielmehr seitlich von dem fixirten Gegenstande, und zwar rechts von demselben beim rechten, links von ihm beim linken Auge.

Diese Entfernung des Lichtbildes von dem in der Sehachse liegenden Object wächst mit der Entfernung des letzteren vom Auge. Beim Ansetzen der Augenelektrode an die innere Seite der Nasenwurzel konnte Brenner gleichzeitig noch ein zweites von meist schwächerer Intensität nach innen und in derselben Entfernung von dem fixirten Gegenstande, sodass dieser sich dann zwischen zwei Lichtbildern befand, constatiren. Einen Einfluss der Entstehung des Lichtbildes auf Grösse, Deutlichkeit und Färbung der direct betrachteten Objecte konnte B. nicht nachweisen.

In den meisten Fällen hat das galvanische Lichtbild die Gestalt einer Scheibe von etwa 3—4 Linien Durchmesser, deren Centrum scharf, deren Hof weniger scharf begrenzt ist. Ueber das ganze Lichtbild verlaufen deutliche schwarze Linien von verschiedener Dicke und unregelmässiger Verzweigung. Von dem intensiver gefärbten Hintergrunde des centralen Theils heben sich dieselben mit grösserer Deutlichkeit ab, als von dem schwächer leuchtenden Hofe. B. hält hiernach den centralen Theil der Scheibe für den blinden Fleck und vermuthet, dass die über demselben verlaufenden schwarzen Linien die Gefässe sind.

Die Färbung des Lichtbildes ist bei den einzelnen Individuen verschieden, aber bei derselben Person immer dieselbe[1]). B. beobachtete an sich selbst bei der KaS hellblaues Centrum und gelbgrünen Hof, an der AnS gelbgrünes Centrum mit hellblauem Hof und bei KaO und AnO das entsprechend umgekehrte Farbenbild. Von vier anderen Personen wurden die Farben als gelb und lila, roth und bläulich, hellroth und blau, tiefblau und hellblau angegeben.

Ich kann die Richtigkeit der vorstehenden Resultate wohl in den wichtigsten Punkten bestätigen, habe mich aber doch nicht eingehend genug mit dieser Frage beschäftigt, um ein irgendwie massgebendes Urtheil über diese verwickelte und durch individuelle Verschiedenheiten erschwerte Materie wagen zu können.

---

[1]) Von der grossen Mannigfaltigkeit der Lichterscheinungen, welche Purkinje an sich beobachtete, geben die zahlreichen Abbildungen mit violetten, gelben und rothen Farben Zeugniss, welche sich in seinen Göthe gewidmeten „Neuen Beiträgen zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht“ (II. Bändchen, 1825) finden. Uebrigens sind gewiss unter diesen zahlreichen von Purkinje beobachteten Phänomenen viele, welche auf Ueberreizung seines Auges beruhten. Insbesondere hat bisher kein Beobachter die Rautenform des centralen Lichtfeldes bestätigen können.

Einer besonderen Erörterung bedarf noch die Frage, ob die im Vorstehenden mitgetheilten galvanisch-optischen Erscheinungen durch directe Erregung resp. Elektrotonisirung der Retina oder auf reflectorischem Wege durch Reizung von Trigeminus-Zweigen erzielt werden.

Diese Frage ist von den früheren Experimentatoren entweder ausdrücklich oder stillschweigend im Sinne der directen Retinaerregung beantwortet worden.

Neuerdings haben sich indessen Stimmen für die Reflextheorie erhoben, und insbesondere hat sich Benedikt[1]) ganz generell dahin ausgesprochen, dass die Reizung aller höheren Sinnesnerven durch galvanische Reflexerregung von den sensiblen Nerven aus — und zwar für den Nervus opticus am besten von den verschiedensten sensiblen Aesten des Trigeminus aus — geschehe.

Um diese Auffassung zu widerlegen, müssen wir die Gründe, welche für dieselbe angeführt werden, etwas genauer erörtern.

Benedikt begründet seine Ansicht mit folgenden Worten: „Dass es sich nicht um Stromesschleifen, sondern um Reflexe handelt, geht daraus hervor, dass die subjective Licht- und Gehörsempfindung immer ceteris paribus der sensiblen Empfindung proportional ist. Entscheidend wäre es, wenn es uns gelänge, auch durch andere als galvanische Reize von den sensiblen Nerven aus subjective Gesichts- und Gehörsempfindungen hervorzurufen. Dies gelingt jedoch nur in pathologischen Fällen, wo man durch Druck auf die Zitzenfortsätze oder die Halswirbelsäule auf die Schwerhörigkeit, auf das Ohrensausen und die Amblyopie verschlimmernd oder verbessernd einwirken kann".

Ich habe diese Beweisführung schon oben als unzulänglich bezeichnet und verweise im Uebrigen auf das Nachstehende.

Auch Althaus[2]) hat sich auf Grund einer Krankenbeobachtung auf die Seite der Reflextheorie gestellt. Es handelte sich in diesem Falle um eine doppelseitige Trigeminusanästhesie bei einem 27jährigen Manne, mit gleichzeitiger starker Photophobie und dichten Leukomen beider Hornhäute. Bei diesem Kranken liessen sich durch Einleitung eines galvanischen Stroms von 10 resp. 20 Paaren der Daniell-Muirhead'schen Batterie mit einem Galvanometerausschlage von

---

[1]) l. c. S. 61 und Archiv f. Ophthalmologie. X. S. 97, 1864.

[2]) Zur Physiologie und Pathologie des Trigeminus. D. Archiv f. klin. Med. 1870. Bd. VII. S. 563 sqq. Vgl. auch dessen Treatise on medical electricity. II. ed. p. 155 sqq.

35 resp. 50 Grad keine optischen Erscheinungen hervorrufen, ebenso wie auch weder Schmerz noch Schwindel, noch die charakteristische galvanische Geschmacks- und Geruchsempfindung auftraten.

Bei einer Steigerung der Elementenzahl auf 30 mit 72° Nadelablenkung nahm der Patient eine leichte Empfindung von Wärme und Stechen, geringen kupferigen Geschmack, geringen phosphorigen Geruch und leichten Schwindel wahr; ob aber dabei auch optische Erscheinungen aufgetreten wären, ist leider nicht bemerkt.

Diese Althaus'sche Beobachtung ist scheinbar sehr schlagend, und doch verliert sie bei genauerer Betrachtung alle Beweiskraft. Zunächst kann der Sehapparat hier nicht als ein normales Object für die Prüfung der galvanischen Reaction bezeichnet werden, da ausser starken Leukomen beider Hornhäute eine beträchtliche Lichtscheu, also jedenfalls sehr erhebliche Störungen im Sehapparat, vorhanden waren. Sodann fehlt der Nachweis, dass die Reaction der Retina auf die galvanische Reizung des Trigeminus nach beseitigter Anästhesie sich wieder hergestellt habe. Auch wie es sich mit den optischen Erscheinungen bei Galvanisirung der nicht anästhetischen Hautpartien hinter den Ohren und im Nacken verhalten habe, ist nicht angegeben. Wir können hiernach der Althaus'schen Beobachtung eine Bedeutung für die vorliegende Frage nicht zuerkennen.

Gegen Benedikt und die Anhänger der Reflextheorie überhaupt muss ich zunächst die von mir gefundene, schon oben (S. 35ff.) erwähnte ausgezeichnete Leitungsfähigkeit der Bulbi anführen, welche die hohe Erregbarkeit der Retina gegen die schwächsten Stromschleifen verständlich und den immerhin bedenklichen Umweg durch den Trigeminus unnöthig macht. So lange es möglich ist, für das Verständniss einer Erscheinung physikalisch oder physiologisch erwiesene oder zu erweisende Thatsachen aufzufinden, sollte man doch die dunkle Bahn der Reflexe vermeiden. Und eine solche physikalische Thatsache liegt hier nunmehr vor. Ich habe schon oben (S. 21) an das physikalische Gesetz erinnert, dass bei Zweigströmen die Intensität des Stromes in den einzelnen Zweigen sich umgekehrt verhält wie die Grösse der in ihm enthaltenen Widerstände. Da nun die Bulbi nebst den Weichtheilen ihrer Umgebung nach meinen Versuchen eine Strombahn mit höchst geringen Widerständen darstellen, so ist erklärlich, dass schon bei der Einleitung relativ schwacher galvanischer Ströme in die Schläfe die optischen Erscheinungen stark her-

vortreten, da wahrscheinlich die ganze Summe der Stromfäden durch die Bulbi geht, und ferner, dass selbst bei Application beider Elektroden am Unterkiefer oder gar am Halse oder im Nacken die Intensität der Stromschleifen, welche die trefflich leitende Bahn durch die Bulbi aufsuchen, immer noch stark genug ist, um schwache Blitze hervorzurufen.

Hierzu kommen nun noch andere Gründe, welche kaum weniger beweiskräftig sind: vor Allem die Thatsache, dass sich die Lichterscheinungen bei manchen Personen, zu denen ich selbst gehöre, auch vom Nacken, also von einem dem Trigeminus weit abliegenden Gebiete aus, hervorrufen lassen. Zur Erklärung dieser Thatsache müssen die Verfechter der Reflextheorie wieder einen Schritt weiter auf dem Gebiet der Hypothese gehen, indem sie ausser dem Trigeminus auch noch die sensiblen Cervicalnervenäste als Ausgangspunkt der Reflexerregung statuiren. Hiernach bleibt dann aber wieder unaufgeklärt, weshalb nicht auch die sensiblen Zweige des Plexus brachialis an der Schulter und an den Oberextremitäten Ausgangspunkte galvanischer Lichtphänomene sein können.

Nach unserer Auffassung dagegen erklärt sich die Thatsache auf die einfachste Weise so, dass diejenigen Personen, bei denen vom Nacken aus die optischen Erscheinungen zu erregen sind, diese Eigenschaft nur deshalb haben, weil sie im Besitz einer feinen Epidermis und eines dünnen Panniculus sind, sodass also die oberflächlichen Leitungswiderstände für den galvanischen Strom gering sind. Meine Beobachtung bestätigt diese Annahme auch durchweg, sodass ich ganz allgemein sagen möchte: Personen, bei welchen die galvanisch-optischen Erscheinungen bei grosser Entfernung beider Elektroden von den Bulbis und relativ schwachen Strömen gelingen, besitzen eine feine, nicht trockene Epidermis und dünnen Panniculus.

Unerklärt bleibt ferner nach der Reflextheorie, wie übrigens schon Brenner[1]) bemerkt hat, dass pathologische Zustände des Trigeminus, z. B. Hyperästhesie, keinen Einfluss auf das Zustandekommen der optischen Phänomene haben; dass Inductionsströme, trotzdem sie die sensiblen Nerven und insbesondere den Trigeminus viel heftiger reizen, als schwache galvanische Ströme, fast ohne Einwirkung auf den Opticus sind; dass gewisse Stellungen der Elektroden die Sehnervenreizung begünstigen, andere sie verhindern oder doch erschweren, ohne dass

---

[1]) l. c. Bd. I. S. 68.

der Grad und der Modus der Hautnervenreizung geändert würde; dass jedem Pole ein besonderer Lichteffect entspricht, — eine Thatsache, welche, wie Brenner ganz richtig bemerkt, mit der Reflextheorie nur dann in Einklang zu setzen wäre, wenn man annähme, dass der electrotonische Zustand, welchen der betreffende Pol in den Enden des N. trigeminus erzeuge, in demselben Sinne auch auf den Sehnerven übertragen werde, d. h. also, dass Electrotonus in einem vom Strom gar nicht durchflossenen Nerven erzeugt werden könne — eine Annahme, welche durch keine Analogie gestützt wird.

Die angeführten Gründe zwingen uns mit Nothwendigkeit zu der Annahme, dass die optischen Erscheinungen durch directe electrotonische Wirkung des galvanischen Stromes auf die Opticusausbreitung (nicht auf reflectorischem Wege) zu Stande kommen, und dass der Grund für die Erregbarkeit des Opticus für galvanische Ströme vor Allem in der ausgezeichneten Leitungsfähigkeit der Bulbi und ihrer Umgebung zu suchen sei. Möglicherweise wirkt auch die flächenhafte Ausbreitung des Opticus im Auge begünstigend für das Zustandekommen des Erregungszustandes.

Neftel glaubt nach seinen Versuchen Licht- und Farbenempfindung strenge scheiden und annehmen zu sollen, dass dieselben auf zwei differenten Reizmomenten der Opticusfasern beruhen. Individuell prävalire bald der eine, bald der andere dieser Reizeffecte. Individuell sei auch die Intensität der Reaction verschieden: bei manchen Menschen reagire die Retina schon auf schwächste Ströme, bei anderen kaum auf sehr starke. Endlich fand Neftel an der An verminderten, an der Ka gesteigerten intraocularen Druck.

Die Erweiterung des Gesichtsfeldes, welche Tscherbatscheff und Engelskjön durch den galvanischen Strom erzielt haben wollen, ist noch nicht über allen Zweifel erhaben. Diese wie die bei pathologischen Zuständen zu beobachtenden Erscheinungen finden weiter unten bei der Elektrodiagnostik eine genauere Besprechung.

Ueber das Verhalten der **Pupillen** resp. der **Irismuskulatur** gegen den elektrischen Strom sei hier noch in Kürze das Wichtigste bemerkt.

Bekanntlich ist die allgemeine Annahme, dass die Iris zwei Systeme

glatter Muskeln besitze, nämlich ein circuläres, in der inneren Zone der Iris gelegenes, unter der Herrschaft des Oculomotorius stehendes, und ein radiäres, in der äusseren Zone der Iris gelegenes und vom Sympathicus innervirtes, von Grünhagen[1]) auf Grund histologischer und histochemischer Untersuchungen in soweit bestritten, als er die Nichtexistenz eines Dilatator pupillae bei Säugethieren behauptet. Diese Behauptung ist neuerdings von Henle[2]), v. Hüttenbrenner[3]), Bernstein[4]), Engelhardt[5]), bekämpft und wie es scheint, auch widerlegt. Engelhardt und vor ihm Bernstein gingen experimentell vor, indem sie bei lebenden resp. eben getödteten Thieren die beiden Muskelsysteme theils direct, theils indirect getrennt oder gemeinsam mit schwachen oder stärksten elektrischen Strömen reizten. Es ergab sich die Existenz von dilatirenden Radiärfasern zur Evidenz. Aufsetzen von 4 Drahtelektroden im Viereck auf den Limbus corneae und Durchleiten eines faradischen Stromes ergeben Erweiterung der Pupillen, Aufsetzen derselben auf den inneren Rand der Pupillen Verengerung derselben. Lässt man auf das eine Auge des Thieres Calabarextractlösung einwirken, sodass ein maximaler Grad von Myose eintritt, so bleibt die Reizung des vorher durchschnittenen Halssympathicus (am centralen Ende) erfolglos, die Pupille bleibt contrahirt. Reizt man jedoch die Iris durch zwei gegenüberstehende, auf den Limbus corneae placirte Elektroden, so tritt sofort Erweiterung der Pupillen ein.

Bei gleichzeitiger indirecter Reizung der beiden Muskelsysteme, d. h. vom Oculomotorius und Sympathicus aus, lässt die Reizung des Ersteren die Erregung des Letzteren nicht zur Geltung kommen.

Man kann übrigens nicht nur am Thiere (Kaninchen, Hund), sondern auch am (chloroformirten) Menschen sehr leicht die Verengerung der Pupillen durch Aufsetzen von Drahtelektroden am Limbus corneae nachweisen, wenn man dieselben wegen der ungleich intensiven Wirkung der beiden Pole nur aus dem einen Pole zieht, wäh-

---

[1]) Zeitschr. f. rationelle Medicin. Bd. XXVIII. S. 176, 1864 und XXIX. S. 275. XXXVI. S. 40.

[2]) Handbuch der system. Anatomie des Menschen. Bd. II. S. 634.

[3]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Math.-naturw. Classe. I. 1868 März und 1869 Juni.

[4]) Verhandlungen des naturhist.-medicinischen Vereins zu Heidelberg. Bd. IV. II. 1865.

[5]) Beiträge zur Lehre von den Bewegungen der Iris. Untersuchungen aus dem physiolog. Laboratorium (v. Bezold's) zu Würzburg. IV. S. 296 ff.

rend man den andern Pol am Rumpf aufsetzt. Interessant wäre es, diese Prüfung bei Oculomotoriuslähmung vorzunehmen, um sich von dem Verhalten der gelähmten glatten Circulärfasern gegenüber den beiden Stromesarten nach längerer oder kürzerer Dauer der Lähmung informiren zu können.

Ueber die elektrische Reizung der willkürlichen Augenmuskeln finden sich die nöthigen Angaben weiter unten bei den „anatomisch-physiologischen Daten zur Methode der Localisirung des elektrischen Stromes" beim Kopfe.

B. Der Hörnerv.

Die Geschichte der Versuche der elektrischen Erregung des Hörnerven hatte bereits ein Alter von mehr denn 70 Jahren erreicht, als Brenner[1]) seinen historischen Rückblick schloss mit dem Gesammt-Ergebniss: dass es bisher nicht festgestellt sei, ob, und unbekannt sei, wie der Gehörnerv auf die Einwirkung elektrischer Ströme reagire.

Brenner hat sich der Lösung dieser schwierigen Frage mit Liebe und Ausdauer hingegeben. Das Resultat seiner vieljährigen Studien ist ein positives gewesen, sowohl was das physiologische als was das pathologische Verhalten des Acusticus gegen den galvanischen Strom betrifft.

Für die Reaction des gesunden Hörnerven hat Brenner eine Normalformel aufgestellt, welche etwa folgendermaassen lautet:

Der Hörnerv beantwortet, wenn die Kathode in oder am Ohr steht (die zweite Elektrode ist immer an der Peripherie, z. B. an der Hand der entgegengesetzten Seite aufgesetzt gedacht), die Schliessung der Kette und einen kurzen Theil der Stromesdauer mit Gehörssensation, dagegen wenn die Anode die erregende ist, nur die Oeffnung der Kette.

Innerhalb der möglichen und erlaubten Stromstärken bleiben die Oeffnung der Kette an der Kathode sowohl, als die Schliessung derselben und die Dauer des Stromes an der Anode unbeantwortet.

In Zeichen ausgedrückt lautet die Normalformel Brenner's folgendermaassen:

KaSKl . . . (Deutlicher Klang)

---

[1]) Untersuchungen etc Bd. I. S. 45.

KaDKl > . . . (Klang allmälig verschwindend)
KaO — . . . (Keine Gehörssensation)
AnS — . . . (ebenso)
AnD — . . . (ebenso)
AnOKl . . . . (Schwacher und kurzer Klang).

Die durch den elektrischen Reiz erzeugte Gehörssensation ist von verschiedener Art und Intensität je nach der Individualität der Versuchsperson und der Stromstärke. Sie besteht in Summen, Zischen, Rollen, Pfeifen, Klingen etc.; die letztgenannte Sensation, das Klingen, ist die häufigste; in ihrer höchsten Entwicklung wird sie ein heller, von begleitenden Geräuschen ganz oder fast ganz freier, musikalisch bestimmbarer Ton, dessen Höhe bei verschiedenen Individuen verschieden ist. Manche Individuen nehmen bei anschwellender Stromstärke eine sehr deutliche, vom Summen durch mehrere oder wenigere der genannten Sensationen zum Klingen aufsteigende, regelmässige Scala der Gehörsempfindungen wahr, bei welcher die Sensation von Klängen einer höheren Stromstärke entspricht, als die von Geräuschen.

Steigerung der Stromstärke steigert an der Kathode die Höhe des wahrgenommenen Tones, erniedrigt dieselbe dagegen an der Anode.

Bei vom Minimum aufsteigender Stromstärke tritt zuerst die KaS-Reaction, und erst bei weiterer Steigerung auch die AnO-Reaction auf. Bei abnehmender Stärke verschwindet dementsprechend auch die letztere früher als jene.

Die Kathodenschliessungs-Reaction tritt sofort bei der Schliessung der Kette im Maximum ihrer Intensität auf, um von da an während des Schliessens stetig abzunehmen; die Anodenöffnungsreaction dagegen bedarf einer gewissen Dauer des Schlusses und versagt leicht, wenn die Oeffnung der Kette zu schnell erfolgt.

Nach der Oeffnung der Kette verharrt der Nerv im Zustande erhöhter Erregbarkeit, so zwar, dass bei bald wiederholter Kathodenschliessung eine niedrigere Stromstärke zur Hervorbringung der specifischen Reaction genügt als vorher.

Inducirte Ströme sind nur als einzelne Schliessungs- und Oeffnungsschläge geeignet, Gehörssensation zu erzeugen, jedoch ist der Verlauf der einzelnen Reizmomente (Schluss, Dauer und Oeffnung) so rapid, dass man die Differenzen zwischen denselben nicht studiren kann.

Gegen diese Brenner'schen Ohrversuche und ihre Ergebnisse

wurde zuerst von Schwartze[1]), später von Sycyanko[2]), Bettelheim[3]), Schwanda[4]) und besonders von Benedikt[5]) polemisirt. Die von diesen Autoren angezogenen Thatsachen und Raisonnements vermochten jedoch nicht die Brenner'sche Lehre zu widerlegen. Ueberdies ist durch die Beobachtungen von Hagen[6]), Eulenburg[7]), Hedinger[8]) und besonders durch die umsichtigen Versuche von Erb[9]) schon genügendes affirmatives Material für die Brenner'sche Theorie geliefert, sodass ein principieller Zweifel an der Existenz einer specifischen Acusticusreaction unzulässig ist. (Vergl. die Erörterung der pathologischen Acusticusbefunde weiter unten bei der Elektrodiagnostik.)

In Betreff der Frage, ob die galvanische Erregung von Gehörssensationen eine Folge directer Einwirkung des Stroms auf den Acusticus und seine Ausbreitungen sei, oder ob es sich hier um Reflexe vom Trigeminus auf den Acusticus, oder gar, wie Benedikt's Theorie lautet, auf die Hörnervengefässe (!) handle, glaube ich mich entschieden für die directe Erregung des Acusticus aussprechen zu sollen, und zwar nicht nur aus den von Brenner und Erb bereits angeführten Gründen, sondern auch durch die Analogie bewogen, welche zwischen dem Modus der Opticus- und Acusticuserregung besteht und durch die Ergebnisse meiner Versuche über die Durchgängigkeit resp. Leitungsfähigkeit des Gehörorgans für galvanische Ströme, nach denen gar keine Veranlassung besteht, die directe Erregung des N. acusticus und seiner Endausbreitung auch nur für unwahrscheinlich zu erklären und nach anderen Erklärungsversuchen zu suchen.

C. Der Geschmacksnerv.

Die Entdeckung der galvanischen Geschmacksempfindung gebührt,

---

[1]) Archiv f. Ohrenheilkunde. Bd. X. — [2]) D. Archiv f. klin. Med. III. S. 601. — [3]) Wiener med. Presse. 1868. No. 23. — [4]) Poggendorf's Annalen. Bd. 133. S. 622 und Oesterr. med. Jahrb. XXIV. p. 163. — [5]) Wiener med. Presse. 1870. No. 37–52. — [6]) Prakt. Beiträge zur Ohrenheilkunde. VI. Heft. Leipzig 1869, und Anhang zu Brenner's Untersuchungen. Bd. II. — [7]) Berliner klin. Wochenschr. 1869, 38 und D. Archiv f. klin. Med. Bd. V. S. 547. — [8]) Württemb. med. Correspondenzblatt. XL. No. 12. — [9]) Die galvanische Reaction des nervösen Gehörapparates. Archiv f. Augen- und Ohrenheilkunde. Bd. I. S. 156, 1869, und Zur galvanischen Behandlung von Augen- und Ohrenleiden. Ebendaselbst Bd. II. Abth. 1, 1871.

wie es scheint, M. Sulzer[1]), der in der Mitte des vorigen Jahrhunderts zuerst den einfachen galvanischen Zungenversuch anstellte. S. erklärt es für unwahrscheinlich, dass eine Lösung des einen oder des andern Metalls durch die Vereinigung derselben entstehe und auf die Zunge einwirke, und kommt zu dem Schluss, dass die Verbindung der Metalle bewirke „une vibration dans leurs particules", welche Vibration durch Einwirkung auf die Nerven der Zunge die Geschmacksempfindung errege.

Sulzer ist also der eigentliche Entdecker der Thatsache, aber erst Volta[2]) fand die richtige Erklärung und zeigte, dass die Geschmacksempfindung nicht nur bei Application eines einzelnen Plattenpaares, sondern noch stärker durch die Säule entstehe, und dass dieselbe auch während des Geschlossenseins der Kette fortdauere.

Volta stellte den Geschmacksversuch auch in folgender Weise an. Er brachte mehrere Personen derart mit einander in leitende Verbindung, dass jeder nur mit einer Fingerspitze die Zunge seines Nachbars zur Rechten berührte. Wurde nun die Kette auf der ersten und letzten Person geschlossen, so verspürte jeder Einzelne den galvanischen Geschmack.

Die Geschmacksempfindung entsteht aber nicht blos bei directer Berührung der Zunge, sondern auch beim Aufsetzen der Elektroden auf die Wangen, ja selbst auf noch entlegenere Punkte, z. B. Nacken, Rücken.

Begünstigend scheinen auch für das Zustandekommen der galvanischen Geschmackssensation geringe Leitungswiderstände der Bedeckungen, vor Allem Feinheit der Epidermis zu sein, welche manchen Personen eigenthümlich ist.

Die Geschmacksempfindung ist an der Anode eine metallisch-säuerliche, an der Ka eine mehr bittere, wird von der An am frühesten und deutlichsten hervorgerufen, besteht während der ganzen Stromesdauer und bei vielen Personen noch stundenlang nach der

---

[1]) Recherches sur l'origine des sentiments agréables et désagréables. Histoire de l'Académie des Sciences et belles Lettres de Berlin (Année 1752) 1754. S. 356.

Si l'on j'oint deux pièces, une de plomb et l'autre d'argent, de sorte que les deux bords fassent une même plan, et qu'on les approche sur la langue, on en sentira quelque goût, assez approchant au goût du Vitriol de fer, pendant que chaque pièce à part ne donne aucune trace de ce goût.

[2]) Collezione dell' opere etc. Firenze 1816. T. II. P. 1. p. 158.

Sistirung der Galvanisation fort. Bei manchen Individuen ist sie überhaupt nur durch die An hervorzurufen (Brenner, E. Remak).

In Betreff des Wesens der Geschmacksempfindung stehen sich verschiedene Ansichten gegenüber. Die nächstliegende, aber nicht wahrscheinlichste Erklärung ist die physikalisch-chemische, nach welcher die Geschmacksempfindung lediglich das Resultat der Elektrolyse der Mundflüssigkeit und ihrer Salze sei, wobei die Geschmacksnerven am positiven Pol die Anionen, d. h. die frei werdenden Säuren (Chlorwasserstoffsäure, Kohlensäure), wahrnehmen, am negativen Pol aber die Kationen, nämlich die Alkalien (Kali und Natron).

Eine zweite Ansicht ist von Schönbein[1]) aufgestellt, dahin gehend, dass durch den galvanischen Strom aus der atmosphärischen Luft abgeschiedener Stickstoff und Sauerstoff sich zu Salpetersäure verbinde, welche die Ursache des sauren Geschmacks sei.

Die dritte, fast allgemein von den Physiologen vertretene Ansicht ist die, dass der Geschmacksnerv, gleich dem Sehnerven, Hörnerven und den Gefühlsnerven auf die galvanische Erregung mit seiner specifischen Energie, d. h. mit Geschmacksempfindung, antworte. Die Letztere scheint übrigens nicht bei allen Individuen gleich zu sein.

Zahlreiche Momente zwingen uns, die beiden zuerst erwähnten Auffassungen als unhaltbar auszuschliessen.

Die Schönbein'sche Theorie scheitert sofort an der Unmöglichkeit, mittelst derselben den alkalischen Geschmack zu erklären; auch wäre es doch geradezu abstrus, wenn man annehmen wollte, dass z. B. bei der Application der Elektroden im Nacken oder am Rücken im geschlossenen Munde soviel atmosphärischer Stickstoff und Sauerstoff frei werden und sich zu Salpetersäure verbinden sollte, dass man sie schmecke, und dies noch dazu bei Strömen von so ausserordentlich geringer Intensität.

Die elektrolytische Theorie, der Forscher wie E. H. Weber u. A. beigetreten waren, ist neuerdings vorzüglich durch J. Rosenthal[2]) auf ihre Stichhaltigkeit geprüft und durch schlagende Versuche wider-

---

[1]) Ueber einige mittelbare physiologische Wirkungen der atmosphärischen Elektricität. Zeitschrift für rationelle Medicin. 1851. S. 385.

[2]) Ueber den elektrischen Geschmack. Archiv f. Anatomie u. Physiologie. 1860. S. 217 ff.

legt worden. Rosenthal wies durch Prüfung mit Reagenzpapier nach, dass die Wahrnehmung des sauren und alkalischen Geschmackes vorhanden sein könne, wenn noch jedes Zeichen der Elektrolyse der Mundflüssigkeit, speciell die Reaction auf Lackmuspapier an den Elektroden fehle. Auch der Einwurf, dass durch die Polarisation eine Abscheidung der Jonen nicht blos an den Elektroden, sondern auch an der Grenze der Elektrolyten stattfinden könne, wiederlegt R.

Der Versuch, dass die Zunge auch dann eine saure Geschmacksempfindung wahrnimmt, wenn sie der positive Pol in Form einer alkalischen Flüssigkeitssäule in zinnernem Becher berührt, ist zuerst von Volta angestellt und die Constanz seiner Ergebnisse von Pfaff und später von J. Rosenthal bestätigt worden.

Ich möchte endlich besonderes Gewicht legen auf die Möglichkeit einer Erregung der galvanischen Geschmacksempfindung von sehr entfernten Regionen aus, z. B. wenn beide Elektroden am Rücken oder an den Armen aufstehen, von wo aus eine Elektrolyse der Mundflüssigkeit undenkbar ist; ferner auf die langdauernde Nachempfindung der galvanischen Geschmackswahrnehmung, welche bei manchen Personen nach der Galvanisation am Halse oder Kopfe stundenlang fortbesteht — ein Umstand, der sich ebenfalls mit der electrolytischen Theorie nicht vereinigen lässt, da nach dem Oeffnen der Kette die frei gewordenen Jonen doch binnen weniger Minuten durch die Mundflüssigkeit diluirt und hinweggeschafft sein würden.

Es bleibt uns hiernach kaum ein Zweifel, dass die Annahme einer galvanischen Erregung der specifischen Energie der Geschmacksnerven die allein richtige ist.

D. Der Geruchsnerv.

Von dem Modus und dem Effect der elektrischen Erregung des Geruchsnerven ist Folgendes bekannt. Die älteren Versuche hatten theils ein negatives (Volta), theils ein unzuverlässiges (Ritter) Resultat. Neuere Beobachter, wie J. Rosenthal[1]) u. A., versuchten auf dem noch am meisten Erfolg versprechenden Wege, nämlich mittelst Anfüllung der Nasenhöhle mit Wasser und Einsenkung der Elektrode in letzteres, zu einer bestimmten Geruchswahrnehmung zu gelangen, allein ohne Erfolg: die schmerzhaften Empfindungen von Seite

[1]) Archiv f. Anatomie u. Physiologie. 1860. S. 213.

der gleichzeitig gereizten Trigeminus-Endigungen auf der Nasenschleimhaut verdunkelten jede etwaige Geruchsempfindung.

Althaus[1]) suchte die specifische Reactionsformel der Olfactoriusausbreitungen bei einem Patienten festzustellen, welcher vermöge einer Trigeminusanästhesie die Möglichkeit gewährte, sehr starke Ströme anzuwenden. Der Patient gab eine starke phosphorartige Geruchswahrnehmung an, weiter Nichts.

Die neueste Untersuchung von Aronsohn[2]) (E. Remak) hat nun ein der Acusticus-Formel analoges Zuckungsgesetz des Riechnerven ergeben. Die Prüfungsmethode war folgende: Eine eichelförmige Elektrode wurde in die mit 38° C. warmer Kochsalzlösung (0,73 pCt.) gefüllte Nase eingeführt, und die indifferente Elektrode zur Vermeidung gleichzeitiger, die Geruchswahrnehmung störender Geschmacksempfindungen auf die Stirne gesetzt.

Die specifische Geruchsempfindung entsteht nur durch den galvanischen Strom; der Inductionsstrom ist wirkungslos. An der Ka entsteht die specifische Geruchsempfindung nur bei der Schliessung, an der An nur bei der Oeffnung der Kette. Der An-Oeffnungsgeruch (AnOG) ist immer etwas schwächer als der KaSG (etwa 0,2 MA Differenz im Geruchs-Minimum), fällt um so stärker aus, je länger der Strom vorher geschlossen war und wird durch AnS sofort zum Verschwinden gebracht. KaSG sowohl als AnOG wachsen mit der Stärke des Stroms. Am wirksamsten erweisen sich Stromwendungen auf die Kathode.

Von den bisher angegebenen Geruchswahrnehmungen, welche bald als sauer, bald als ammoniakalisch (Ritter) beschrieben wurden, müssen wir die Geruchswahrnehmung des freien Ozons trennen, welches bei der Einwirkung des elektrischen Funkens auf den atmosphärischen Sauerstoff entsteht und in der Nähe der Polknöpfe der Holtzschen Influenzmaschine, wo die Menge des gebildeten Ozons sehr beträchtlich ist, studirt werden kann.

Diese Geruchswahrnehmung ist natürlich von einer etwaigen specifisch-galvanischen Geruchsempfindung zu trennen. Schönbein hat zwar die letztere auf die erstere zurückführen wollen, allein die Annahme, dass sich bei Galvanisirung des Geruchsorgans eine ge-

---

[1]) Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. Bd. XII. S. 122.

[2]) Ueber elektrische Geruchsempfindung. Verhandlungen der physiol. Gesellsch. zu Berlin. IV. 15 u. 16. 1884.

nügende Menge Ozon entwickle, um gerochen zu werden, ist durchaus hypothetisch.

Gehirn.

Das Gehirn kann, wie wir oben (S. 35) gesehen haben, vermöge seines hohen Wassergehalts und seiner gleichmässigen Structur und Durchfeuchtung als das bestleitende Organ des Körpers betrachtet und mit den Bulbi auf eine Stufe gestellt werden. Dass die galvanische Erregung der Retina bei Application schwächster, allmälig anwachsender galvanischer Ströme am Kopfe viel früher eintritt, als die des Gehirns, beruht in der oberflächlichen Lage der Bulbi und der guten Leitungsfähigkeit ihrer nächsten Umgebung. Das Gehirn ist dagegen in eine feste Knochenkapsel eingeschlossen, welche ihrerseits nicht nur stärkeren Leitungswiderstand bietet, sondern auch noch von Weichtheilen mit grossen Widerständen (Haare, Kopfschwarte, Galea) überzogen ist. Trotzdem kann nach den oben (S. 26—35) mitgetheilten Versuchen von Erb, Burckhardt und mir nicht mehr daran gezweifelt werden, dass bei der Application des galvanischen Stroms an den Kopf erhebliche Stromzweige durch das Gehirn gehen, dass die Intensität derselben auf der geraden Linie zwischen den Polen am grössten ist und dass ihre Richtung sich mit der Wendung des Hauptstroms umkehrt.

Als die Wege, auf denen der Strom zum Gehirn gelangt, müssen einerseits die Gefässverbindungen zwischen dem Periost resp. den übrigen Weichtheilen, welche die äussere Schädelfläche bedecken, und den Markräumen sowie der Dura mater angesehen werden, Wege, auf welche schon Grapengiesser hinwies.

Als die Stellen, welche den Strom am leichtesten zum Gehirn treten lassen, werden allgemein die Fossa auriculomaxillaris, der Processus mastoideus und die Hinterhauptsnackengegend bezeichnet. Der Grund dieser Thatsache, welche Jeder, der an seinem Schädel mit galvanischen Strömen experimentirt, als richtig bestätigen wird, liegt theils in der feinen Epidermis und der Haarlosigkeit dieser Hautpartien, theils aber wohl — und darauf möchte ich besonders aufmerksam machen — in dem Vorhandensein einiger zur Leitung des Stroms nach innen besonders geeigneter Flüssigkeitsbahnen. Es geht nämlich durch das Foramen mastoideum

nicht nur eine ansehnliche Vene, welche den queren Blutleiter mit den Venae auriculares posteriores in Verbindung setzt, heraus, sondern auch die Art. meningea postica in den Schädel hinein. In der Nackenregion besteht eine Verbindung zwischen dem Sinus transversus und der Vena cervicalis profunda resp. dem Venengeflechte der oberen Nackenregion vermittelst einer Vene, welche durch das Foramen condyloideum posticum verläuft.

Die Wirkungen der Gehirngalvanisation beim Menschen.

Schon im Anfange unseres Jahrhunderts publicirte Grapengiesser[1]) Beobachtungen über die Wirkung des galvanischen Stroms auf die höheren Sinnesorgane und das Gehirn des Menschen, indem er gleichzeitig die Erreichbarkeit und gute Leitungsfähigkeit des Gehirns betonte. Nach ihm machte Augustin[2]) auf die Schwindelempfindung aufmerksam, welche bei Durchleitung des Stromes durch das Gehirn von den Ohren aus entstände, und Purkinje[3]) beschrieb bereits die mit der Schwindelempfindung einhergehenden Scheinbewegungen der Sehobjecte. Remak fand, dass der Schwindel am leichtesten eintrete bei der Richtung des Stromes quer durch den Schädel und bei Application der Pole am Proc. mastoideus oder in den Fossae auriculomaxillares, welche letztere er deshalb als „Schwindelgruben“ bezeichnete.

Eine experimentelle Behandlung erfuhr die Gehirngalvanisation durch Brenner[4]) und Hitzig[5]). Besonders des letzteren Arbeiten haben die ganze Frage zu einer Abrundung gebracht, dem die Arbeiten der Späteren[6]) und meine zahlreichen, an gesunden und gehirnleidenden Personen angestellten Versuche, nur Weniges hinzuzufügen haben. Dasselbe ist in die nachstehende Darstellung mit aufgenommen.

---

[1]) Versuche, den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden. Berlin 1801.

[2]) Versuch einer vollständigen systematischen Geschichte der galvanischen Elektricität und ihrer medicinischen Anwendung. Berlin 1803. S. 129.

[3]) Rust's Magazin f. d. ges. Heilkunde. Bd. XXIII. S. 297. 1827.

[4]) Untersuchungen. Bd. I. S. 75 ff.

[5]) Berliner klin. Wochenschrift. 1870, No. 11 u. 19 und Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874.

[6]) Hinze, Petersburger med. Zeitschr. 1875. S. 295.

Hauptsymptom der galvanischen Erregung des Gehirns ist der Schwindel, welcher sofort mit dem Schlusse der Kette eintritt und während des Stromfliessens fortdauert. Die Störung des Gleichgewichts ist nicht blos eine subjective, sondern auch objectiv wahrnehmbar und demonstrirbar. Brenner bediente sich bei seinen Schwindelversuchen des von Immermann benutzten, auf dem Kopf befestigten Pinsels, welcher die Bewegung des Kopfes und Rumpfes auf einer über dem Kopf horizontal hängenden berussten Tafel aufzeichnete. Diese Versuche zeigten, dass die wirkliche Excursion des Kopfes und Rumpfes nach der Seite hinter dem subjectiven Schätzungswerthe der Gleichgewichtsstörung weit zurückbleibt.

Die Neigung des Körpers beim Schwindel geht immer nach der Seite hin, wo die Anode steht.

Die Neigung des Kopfes und Rumpfes wächst, nachdem sie mit dem Kettenschluss eingetreten ist, in den ersten Secunden der Dauer des Stromdurchgangs noch erheblich, um bei längerer Dauer allmälig und zwar nicht unerheblich abzunehmen.

Bei der Oeffnung der Kette tritt ebenfalls ein kurzer Schwindel auf, wobei die Schwankung des Körpers nach der Seite der Kathode geht; derselbe ist jedoch nur bei Personen, welche sehr zum galvanischen Schwindel disponirt sind, nachweisbar.

Bei der Stromwendung verdoppelt sich der Schwindel, und das Uebersinken des Körpers nach der Anode hin kann zum Umfallen führen.

Von Wichtigkeit für die Entstehung des Schwindels ist die Stellung der Elektroden. Die günstigste Stellung für die Erzielung des Schwindels nehmen die Elektroden dann ein, wenn die eine auf der rechten, die andere auf der linken Schädelhälfte am Processus mastoideus steht. Bei Stellung der Elektroden in den Schläfen vermag man ebenfalls alle Phänomene hervorzurufen, doch sind erheblich höhere Stromintensitäten nöthig, als von den Zitzenfortsätzen. Ueberschreitet die eine Elektrode die Mittellinie des Schädels in der Richtung nach der anderen Elektrode, so hört der Schwindel auf.

Bei zum Schwindel geneigten oder ohnehin an demselben leidenden Personen, z. B. bei Gehirnkranken, dauert der Schwindel nach dem Oeffnen der Kette noch längere Zeit fort, sodass sie nur unterstützt sich vom Platze bewegen können oder wegen der Störung des Gleichgewichts oft einige Zeit horizontal gelagert werden müssen.

Endlich beobachtet man bei höheren Graden der galvanischen

Hirnreizung coordinirte Augenbewegungen, welche den Charakter des horizontalen oder des rotatorischen Nystagmus und endlich der Zwangsstellung haben. Die Bulbi zeigen beim Kettenschluss eine ruckweise associirte Bewegung nach der Kathodenseite, dann folgt wieder eine langsame Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und nun folgen sich langsame Pendelbewegungen der Bulbi, wie ich dieselben auch bei manchen Fällen von Cheyne-Stokes'schen Phänomen gesehen habe.

Bei höheren Stromstärken wird der Nystagmus ein rotatorischer und zwar rotiren die Bulbi in der Weise, dass sie einen Halbbogen nach der Kathodenseite und wieder zurück beschreiben.

Mag nun horizontaler oder rotatorischer Nystagmus bestehen: der Rythmus bleibt fast immer derselbe: ruckartige Bewegung nach der Ka, langsamerer Rückgang nach der An-Seite, selten Pausen zwischen den Zuckungen. Dagegen nimmt die Frequenz der Zuckungen mit dem Wachsen der Stromintensität zu: ich zählte bei einer alten Apoplektischen eine Steigerung bis zu 140 Zuckungen, bei einem Bulbärparalytiker bis zu 160 Zuckungen in der Minute.

Noch höhere Stromstärken erzeugen Zwangsstellung der Bulbi nach der Ka-Seite, Anfangs noch mit schwach oscillirenden Bewegungen. Bei weiterer Steigerung verschwinden auch diese und die Bulbi stehen starr im äusseren resp. inneren Augenwinkel an der Kathode. Beeinflussung der Pupille zeigt sich hierbei zuweilen, aber in keiner Weise constant: die Pupillen sind ungleich, die unmittelbar der Ka anliegende zuweilen beträchtlich erweitert, in einem Falle nahm die Pupille die Form eines stehenden Ovals an[1]).

Alle diese Erscheinungen treten nicht blos in aufrechter Stellung (Stehen oder Sitzen) ein, sondern auch im Liegen. Auch bei ganz horizontaler Lage des Körpers findet bei höherer Stromstärke im Momente des Kettenschlusses eine Bewegung nach der Anodenseite (und nach der Kathode beim Oeffnen) Statt.

Die objectiven Gesichtswahrnehmungen spielen bei diesen Gleichgewichtsstörungen keine Rolle, denn sie treten auch bei geschlossenen Augen ein. Auch vollkommen Blinde zeigen dieselben Schwindelempfindungen und Rumpfbewegungen.

---

[1]) Die hohen Stromstärken, bei denen Zwangsstellung der Bulbi eintritt, schmerzen so bedeutend, dass sie nicht lange ertragen werden. Der Versuch ist überhaupt nur mit Hitzig's unpolarisirbaren Elektroden, deren wir uns bei diesem Studium stets bedienten, durchführbar. Nachtheilige Folgen sahen wir in keinem Falle eintreten.

Eine ausreichende Erklärung dieser Phänomene ist zur Zeit nicht möglich. Hitzig ist der Meinung, dass die Rumpfbewegung einer unbewusst willkürlichen Corrigirung der Gleichgewichtsstörung ihre Entstehung verdanke, da durch den galvanischen Strom in dem Gehirn des Individuums eine falsche Vorstellung von ihrem Verhalten im Raum dadurch hervorgerufen werde, dass sie das Gefühl des Uebersinkens nach der Kathode, des Leichterwerdens auf dieser Seite erhalten.

Nach meinen Beobachtungen an mir selbst wie an vielen Versuchspersonen scheint mir alles „Willkürliche" der Bewegung ganz ausgeschlossen zu sein. Das Wesentliche dürfte eine automatische Muskelaction sein, welche von der ungleichmässigen Erregung beider Hälften des Gleichgewichtscentrums (Bogengänge des Labyrinths?) ausgelöst wird.

Auch beim Nystagmus ist alles Willkürliche als ausgeschlossen zu betrachten; auch hier handelt es sich wohl nur um eine ungleichmässige Erregung des paarigen Centrums der coordinirten Augenbewegungen, wie wir dieselben auch im Verlauf des Cheyne-Stokesschen Phänomens bei den verschiedensten Cerebralaffectionen (Urämie, saturnine Encephalopathie etc.) beobachten.

Mit dem Schwindel geht häufig auch ein geringerer oder höherer Grad von Betäubung, sodann Hinterhauptschmerz und Uebelkeit, die sich bis zum Erbrechen steigern kann, einher. Bei höheren Graden der Stromstärke sollen auch Ohnmachten und Convulsionen beobachtet worden sein.

Inductionsströme, auch wenn sie in grosser Stärke auf die Seitentheile des Schädels eingeleitet werden, haben keine Schwindelempfindungen (oder doch nur sehr schwache und zwar blos bei sehr zum Schwindel neigenden Personen) zur Folge.

Althaus[1]) theilt auf Grund der schon oben erwähnten Beobachtung an seinem Kranken mit doppelseitiger Trigeminus-Anästhesie, an dem sich von dem Gebiete des anästhetischen Trigeminus aus keine Gehirnerscheinung, insbesondere kein Schwindel durch Galvanisirung hervorrufen liess, die von mir in Vorstehendem vertretene Auffassung, dass es sich um einfache physikalische Fortleitung des Stromes zum Gehirn und um direkte galvanische Erregung des letzteren handle, nicht, sondern hält die Trigeminusfasern für die Bahnen, auf denen die Erregung zum Gehirn geführt wird. Nach Althaus wäre also der Modus der Gehirnerregung ein physiologischer, nicht ein physikalischer.

---

[1]) D. Archiv f. klin. Med. Bd. VII. S. 563 ff. und A Treatise on medical electricity. II. Edit. 1870. p. 137 ff.

Ich habe schon früher gegen die Beweiskraft dieser pathologischen Beobachtung für die reflectorische Erregung des Opticus geltend gemacht, was ich hier in derselben Weise wiederholen muss, dass nämlich die Beobachtung von Althaus nicht vollständig genug ist, um die zahlreichen für die direkte (physikalische) Erregung des Gehirns und der Sinnesnerven sprechenden Momente zu entkräften. Insbesondere fehlt der Beweis ex post, der Nachweis der Wiederkehr der normalen Reaction des Gehirns, des Seh- und Geruchsnerven auf den galvanischen Strom nach Heilung der Trigeminus-Anästhesie; denn ohne dieses nachträgliche Beweismoment bleibt der Einwurf, dass hier eine ungewöhnliche Dicke der Epidermis, grosse Torpidität der Sinnesnerven, eine Unempfindlichkeit des Gehirns gegen galvanische Ströme, kurz individuelle Abnormitäten vorgelegen haben, unwiderlegt.

Von hervorragender Bedeutung für die Elektrotherapie sind die epochemachenden Untersuchungen von Hitzig und Fritsch[1]) über die Erregbarkeit des Grosshirns durch elektrische Ströme und die in der Hirnrinde vorhandenen motorischen Centra.

Bekanntlich besteht in der Physiologie des Nervensystems seit mehr denn einem Jahrhundert der Satz von der Unerregbarkeit der Grosshirnhemisphären gegen Reize aller Art, besonders gegen elektrische, unangefochten gleich einem Axiom.

Die einzigen Autoren, welche durch Verletzungen der Marksubstanz des Grosshirns convulsivische Bewegungen hervorgerufen haben wollen, waren Haller und Zinn[2]). Ihre Angaben wurden von den späteren Experimentatoren als auf Versuchsfehlern beruhend, bezweifelt. Alle späteren Forscher, unter denen Longet[3]), Magendie[4]), Flourens[5]), Matteucci[6]), Van Deen[7]), Ed. Weber[8]), Budge[9]), Schiff[10]), also

---

[1]) Fritsch und Hitzig, Ueber die elektrische Erregbarkeit des Grosshirns. Archiv f. Anatomie, Physiologie etc. 1870. S. 300 ff. — Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874. — Vergl. auch Exner, Gehirnfunctionen in Hermann, Handbuch der Physiologie. Bd. II. 1879.

[2]) Haller und Zinn, Mémoires sur la nature sensible et irritable du corps animal. Lausanne 1756. T. I. p. 201 ff.

[3]) Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux. Paris 1839. Tom. I. p. 175. — [4]) Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. Paris 1842. Tom. I. p. 644. — [5]) Recherches experimentales sur les propriétés et fonctions du système nerveux etc. Paris 1842. — [6]) Traité des phénomènes électrophysiologiques des animaux. Paris 1843. p. 242. — [7]) Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre etc. Bd. VII. S. 381. — [8]) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. 2. S. 16, Artikel Muskelbewegung. — [9]) Untersuchungen über das Nervensystem. 1842. Heft I. S. 84. — [10]) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I. S. 362.

die hervorragendsten Experimentalphysiologen sich befinden, läugnen die Möglichkeit einer Erregung von Bewegungen durch Reizung der Grosshirnhemisphären.

In schroffem Gegensatze zu diesen allgemein als unanfechtbar betrachteten Sätzen stehen nun die Resultate der von Hitzig und Fritsch angestellten Versuche. Dieselben nahmen ihren Ausgang von der Beobachtung unwillkürlicher Augenbewegungen, welche Hitzig beim Durchleiten starker galvanischer Ströme durch die Mastoidealregionen des Schädels erzeugte und welche Hitzig sofort als central ausgelöste erkannte.

Hitzig und Fritsch gingen nun diesen Erscheinungen weiter nach. Sie reizten die Oberfläche des Gehirns von Hunden und Kaninchen, nachdem das Schädeldach entfernt war, mit einem galvanischen Strom, dessen Intensität so gering war, dass er gerade nur eine Gefühlssensation auf der Zunge hervorrief, und mittelst zweier in Knöpfchen auslaufender Platindrahtelektroden. Die Hauptresultate waren folgende: Ein Theil der Convexität des grossen Gehirns beim Hunde ist motorisch (dieser Ausdruck im Sinne von Schiff gebraucht), ein anderer Theil ist nicht motorisch. Der motorische Theil liegt, allgemein ausgedrückt, mehr nach vorn, der nicht motorische liegt nach hinten. Durch elektrische Reizung des motorischen Theils erhält man combinirte Muskelcontractionen der gegenüberliegenden Körperhälfte.

Die Möglichkeit isolirter Erregung einer begrenzten Muskelgruppe ist bei Anwendung ganz schwacher Ströme auf sehr kleine Stellen (Centra) beschränkt, deren Lage von den Autoren genau angegeben wird. Constant war bei den Versuchen das Vorwiegen der Anode, was die Energie des Reizeffectes anlangt. — Bei der Reizung mit tetanisirenden Inductionsströmen erschien der Reizeffect nicht ganz so constant wie bei Anwendung des constanten Stroms. — Mit der Verblutung sinkt die Erregbarkeit des Gehirns ungemein schnell und erlischt schon vor dem Tode fast ganz.

Die durch Hitzig's und Fritsch's Entdeckungen angeregten zahlreichen Untersuchungen von Ferrier, Munck u. A. haben die hohe Bedeutung jener Rindencentra für die Physiologie constatirt, allein über das Einzelne in Bezug auf Sitz, Function und Leistung der motorischen Zonen besonders beim Menschen ist eine Einigung bisher nicht erzielt worden.

Am lebenden Menschen ist es bisher nicht gelungen, durch Einleitung elektrischer Ströme am Schädel andere motorische Phänomene als die oben beschriebenen Augen- und Rumpfbewegungen hervorzurufen. Charcot's[1]) Beobachtungen an Hysterischen in der lethargischen Periode des Hypnotismus hatten allerdings positive, aber inconstante Ergebnisse und sind hier wohl nicht beweiskräftig. Doch dürfte hiermit diese Frage noch nicht endgültig erledigt sein. Die Versuche von Loewenfeld, welche die Möglichkeit einer Einwirkung auf die intracephalen Gefässbahnen zu beweisen suchen, obwohl ihre Methode nicht einwurfsfrei und ihre Ergebnisse unzuverlässig erscheinen (Genaueres unten bei der allgemeinen Elektrotherapie), lehren wenigstens, dass es noch viele andere Angriffspunkte giebt.

Rückenmark.

Die oben aufgeführten Versuche von Erb, Burckhardt und mir machen es wohl ziemlich sicher, dass es auch beim lebenden Menschen möglich ist, Stromschleifen durch das Rückenmark zu senden. Dafür, dass dies wirklich bei den in der Elektrotherapie angewandten Methoden der Galvanisirung erreicht wird, fehlt es freilich bisher an stringenten Beweisen, da wir hier keine derartig charakteristischen Erscheinungen centraler Erregung beobachten, wie bei der Durchleitung des Stroms durchs Gehirn. Erschwerend ist auch für die Galvanisirung des Marks die dicke Schicht von Weichtheilen und Knochen, welche die Elektroden von der Medulla trennen, nicht minder auch der Umstand, dass man der Wirbelsäule nur von einer Seite (nicht von zwei Seiten, wie dem Schädel) beikommen kann. Dafür ist aber der Umstand wieder günstig, dass wir am Rücken durch Nichts gehindert sind, hohe Stromintensitäten in Anwendung zu ziehen.

Den oben angeführten Versuchen stehen nun doch einzelne klinische Beobachtungen zur Seite, welche das Eindringen von Stromschleifen in das Innere des Rückenmarkskanals beweisen dürften.

Man kann nämlich an einzelnen dazu geeigneten Personen durch Einleiten eines kräftigen galvanischen Stroms (24—30 S. Ell.) an den oberen Brust- und mittleren Lendenwirbeln mittelst grosser Elektroden

[1]) Progrés médic. No. 2 und 4, 1882.

und Zuhülfenahme wiederholter Stromwendungen Contractionen in den vom Nervus ischiadicus innervirten Oberschenkelmuskeln hervorrufen, wenn die Kathode auf den Lendenwirbeln steht. Die anatomischen Verhältnisse lassen es kaum bezweifeln, dass hier eine Erregung der im unteren Rückenmarkskanal abwärts verlaufenden (später ausserhalb des Wirbelkanals zum Plexus ischiadicus zusammentretenden) Nervenstränge stattfindet (Erb).

In derselben Weise lassen sich Sensationen in den Unterschenkeln, Fusssohlen und Zehen erzielen, wenn die Kathode auf den Lendenwirbeln steht. Die Anode kann hierbei ihren Platz wechseln, ohne dass sich dadurch die Erscheinung ändert. Bei Aenderung der Stromrichtung vermindern sich dagegen diese excentrischen Erscheinungen oder bleiben ganz aus (Brenner).

Oefter und deutlicher lassen sich diese Phänomene durch Inductionsströme erzielen, wenn die Kathode (der Oeffnungsströme) auf den Lendenwirbeln steht (Brenner).

Aus diesen Versuchen geht allerdings nur hervor, dass der elektrische Strom bei genügender Intensität höchst wahrscheinlich bis in den Wirbelkanal des Lebenden eindringen kann.

Für eine directe Einwirkung des Stroms auf die Medulla spinalis sprechen vorläufig nur die oft überraschenden Besserungen der Innervation bei motorischen und sensiblen Paralysen und Paraparesen, bei Tabes etc. Ferner die, wenn auch nicht häufigen, so doch ganz zweifellos constatirten dauernden Veränderungen zum Günstigen bei Rückenmarksleiden verschiedener Art, besonders bei Tabes.

Die Physiologie lässt uns bei der Frage der Wirkung elektrischer Ströme auf das Rückenmark ganz im Stich. Auch die mühsamen Versuche von Loewenfeld, welche eine bestimmte Wirkung der Pole auf das Lumen der Rückenmarksgefässe beweisen sollen, können, wie schon oben bemerkt, wegen der nicht einwurfsfreien Methode nicht als beweiskräftig für die Annahme einer solchen percutanen Einwirkung auf die intraspinalen Vasomotoren angesehen werden.

Sympathicus.

Die Frage von der elektrischen Erregung des N. sympathicus beim Menschen ist bisher kaum aus dem Stadium der Hypothese herausgetreten. Manche Elektrotherapeuten sind freilich auf dem Wege

des Rückschlusses aus therapeutischen Beobachtungen mit Hülfe einer geschäftigen Phantasie schon soweit gelangt, dass sie eine vollständige Elektropathologie und -Therapie des Sympathicus aufstellen konnten. Eine nüchterne Untersuchung der Sachlage zeigt uns aber, dass über die Möglichkeit und zweckentsprechende Methode der Reizung des Sympathicus sowie über die Effecte einer solchen Procedur unter physiologischen und pathologischen Verhältnissen noch grosse Zweifel bestehen.

Die Wichtigkeit der Frage macht eine eingehendere Erörterung der derzeitigen Sachlage nöthig.

Vom ganzen System des Sympathicus liegt der Halstheil mit seinen Ganglien am erreichbärsten, und auf ihn haben sich deshalb auch die Bemühungen der Autoren, die Wirkung des elektrischen Stroms am Sympathicus des Menschen zu studiren, vor Allem gerichtet.

Die Physiologie betrachtet, was die im Halstheil des Sympathicus verlaufenden Fasern anbetrifft, als nachgewiesen[1]): Vasomotorische Fasern für die betreffende Kopfhälfte, motorische Fasern für den N. dilatator pupillae, secretorische Fasern für die Speicheldrüsen und die Thränendrüse, beschleunigende Fasern für das Herz, erregende Fasern für das Herzhemmungssystem und für das Gefässcentrum.

Von diesen Fasern sind es vor Allen die zum Dilatator pupillae ziehenden, von deren elektrischer Reizung man sich gleich wie beim Thierexperiment so auch beim Menschen einen unmittelbaren Effect, nämlich eine messbare Erweiterung der Pupille der betreffenden Seite versprach.

Demnächst liess die Erregung der vasomotorischen Fasern für die betreffende Kopfhälfte messbaren Reizeffect erwarten, nämlich anfängliche Verengerung des arteriellen Stromgebiets an der betreffenden Kopfhälfte und bei fortgesetzter Reizung durch Umschlag in Paralyse Erweiterung der Gefässe, energischere Pulsation der Arterien, und stärkere Füllung der Capillaren, wie dies an den kleinsten Gefässen und Gefässnerven der Haut nach längerer Elektrisirung beobachtet wird. Nachdem wir aber gerade an der Haut uns überzeugt haben, wie kurzdauernd das Stadium der Gefässverengerung ist und wie rasch bei Fortsetzung der Reizung Erweiterung der Gefässe mit intensiver Capillarhyperämie eintritt, können wir auch bei der Elektrisiruug des Halssympathicus ein Stadium der Gefässverengerung, wenn über-

---

[1]) Vergl. Exner in Hermann, Handbuch der Physiologie. Bd. II.

haupt, so doch nur von kurzer Dauer erwarten und als Hauptphänomen die Gefässerweiterung mit stärkerer Pulsation der grossen Arterien, Röthung der Haut und Schleimhäute auf der betreffenden Kopfhälfte, Temperatursteigerung und Gefühl von Hitze präsumiren.

Die Physiologie hält sich in Betreff der Effecte der Sympathicusreizung und -Durchschneidung sehr reservirt. Die Symptome, welche man als gesichert betrachtet (vgl. Exner l. c.), ist Verengerung mit nachfolgender Erweiterung im betreffenden Carotisgebiet, Pupillenerweiterung, Protrusion des Bulbus mit Erweiterung der Lidspalte, Steigerung des Gehirndrucks und Beschleunigung der Herzthätigkeit.

Was an Versuchen und Beobachtungen am Menschen in dieser Richtung angestellt ist, ist Folgendes:

Gerhardt[1]) giebt gelegentlich an, dass er vom Halssympathicus aus bei Kranken wie bei Gesunden Pupillenerweiterung sowohl mittelst des constanten als des unterbrochenen Stromes bewirkt habe. Gerhardt setzte die negative Elektrode bei diesen Versuchen zwischen Unterkieferwinkel und Sternocleidomastoideus, die positive an den Gaumenbogen derselben Seite auf und suchte beide durch leichten Druck einander zu nähern.

A. Eulenburg und H. Schmidt[2]) unterzogen diese Frage einer Reihe methodischer Versuche am Menschen.

Diese Autoren constatirten zunächst beim Versuch, das Gangl. cervicale sup. zu galvanisiren (An auf Manubr. sterni, Ka hinter dem Angul. maxill. inf., 20—40 Ell.) beim Kettenschluss eine minimale Erweiterung der Pupille auf der betreffenden Seite, meist nur mittelst des Giraud-Teulon'schen Pupilloscops nachweisbar, worauf bei geschlossener Kette eine allmälig zunehmende Verengerung folgte. Gelingt der Versuch nicht sogleich, so gelingt er doch nach wiederholter Schliessung und Oeffnung. Der Effekt der Kettenöffnung ist ein sehr ungleicher, bald Vergrösserung bald Verkleinerung, bald gar keine merkliche Alteration der Pupillenweite.

Diese Erscheinungen werden bei umgekehrter Stromrichtung viel inconstanter und verschwinden gewöhnlich beim Hinwegrücken mit der oberen Elektrode von der dem Ganglion cervicale superius entsprechenden Stelle. Bei symmetrischer Application beider Elektroden hinter und unter dem Angul. maxill. inf. kam die Veränderung der Pupille auf dem der Ka entsprechenden Auge stärker und constanter zur Wahrnehmung.

---

[1]) Zur Casuistik der Hirnkrankheiten. Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturw. Bd. I. S. 200. 1864.

[2]) Untersuchungen über den Einfluss bestimmter Galvanisationsweisen auf die Pupille, die Herzaction und den Gefässtonus beim Menschen. Centralblatt f. d. med. Wiss. 1868. No. 21 u. 22.

Nach längerer Einwirkung eines möglichst kräftigen aufsteigenden Stromes (Sternum, Fossa auriculomaxillaris) sinkt die Pulsfrequenz (um 4—16 Schläge) und die Spannung der Carotis; letzteres graphisch durch den Sphygmographen nachweisbar (als geringere Höhe und Schrägliegen der Ascensionslinie, plateauförmige Abflachung der Gipfelzacke, flaches Abfallen der Descensionslinie). Auch an der Radialis ist eine geringere Höhe und schrägere Richtung der Ascensionslinie nachweisbar. Eulenburg und Schmidt schliessen hieraus auf eine allgemeine Wirkung (Verlangsamung und Schwächung der Herzaction durch reflectorische Wirkung auf die Nn. vagi) und auf eine örtliche Einwirkung auf die im Halssympathicus verlaufenden vasomotorischen Nervenfasern des Kopfes, wodurch der arterielle Tonus im Stromgebiet der Carotis vermindert und der Blutdruck in der letztern erheblich herabgesetzt wird.

Ein starker von der Halswirbelsäule zum Plexus brachialis (An über den unteren Halswirbeln), Ka auf der Austrittsstelle des Plex. brachialis in der Fossa supraclavicul.) absteigender Strom erzielt nach einiger Zeit eine geringere Abnahme der Pulsfrequenz (4—10 Schläge p. Min.) und der Spannung. Letztere durch den Sphygmographen gezeichnet entspricht ganz der oben beschriebenen Pulscurve an der Carotis. Bei längerem Geschlossensein der Kette nähern sich Pulsfrequenz und Pulscurve wieder dem Normalen.

Ein Abnehmen der Pulsfrequenz trat ferner ein bei symmetrischer Application beider Elektroden hinter den Angulis max. inf., sowie bei Galvanisation längs der Wirbelsäule mit einem starken absteigenden Strom (40—60 S. Ell.) selbst in der unteren Dorsalzone. In diesen Fällen lässt jedoch die Radialcurve keine wesentlichen Veränderungen wahrnehmen.

Bei starker elektrischer Hautreizung mittelst des faradischen Pinsels an der Peripherie, z. B. am Oberschenkel, wird zuerst Beschleunigung, dann Verlangsamung der Herzcontractionen und Abnehmen der Herzarbeit mit den entsprechenden graphischen Veränderungen des Radialpulses beobachtet.

Etwa gleichzeitig mit den oben genannten Autoren veröffentlichte M. Meyer[1]) Beobachtungen über galvanische Reizung des Halssympathicus, nach denen er die Gerhardt'sche Beobachtung, die Erweiterung der Pupille betreffend, bestätigte und ausserdem noch fand, dass, wenn er die Ka über dem Gangl. cervicale suprem. aufsetzte und die An an den Proc. transversus des VII. Halswirbels (an der entgegengesetzten Seite) applicirte, die Temperatur des Armes, auf dessen Seite die Ka stand, sich subjectiv und objectiv (auch thermometrisch nachweisbar) steigerte und an der Handfläche und den Fingerspitzen der Schweiss sichtbar hervorquoll.

Wegen der theoretischen und praktischen Bedeutung dieser Frage veranlasste ich Dr. Georg Fischer[2]), dieselbe einer eingehenden Expe-

---

[1]) Ueber die therapeutischen Erfolge der Galvanisirung des Sympathicus. Vorträge. Berl. klin. Wochenschr. 1868. No. 23 und 1870. No. 22.

[2]) G. Fischer, D. Archiv f. klin. Med. Bd. XVII. 1875, und Bd. XX. 1877.

rimentaluntersuchung zu unterziehen. Dieselbe ist vorzüglich an Katzen und Pferden angestellt worden und kann wegen der Objectivität und Umsicht, mit welcher die Versuche — zumeist unter dem Beirathe und der Controle unseres Collegen v. Voit — angestellt worden sind, als durchaus zuverlässig betrachtet werden.

G. Fischer's Versuche am blossgelegten Sympathicus haben nun zum Theil negative, zum Theil inconstante Resultate ergeben. Wo es gelang durch faradische oder galvanische Reizung des Sympathicus eine Drucksteigerung in den Gefässen der Gehirnhäute oder eine Veränderung ihres Lumens hervorzurufen, da konnte der sensible Hautreiz, die Vaguserregung und die Muskelcontraction ebenso gut als Ursachen dieser Veränderungen angeschuldigt werden.

Wenn nun aber diese, mit aller Umsicht an dem blossgelegten Sympathicus der geeignetsten Versuchsthiere angestellten Versuche G. Fischer's zu so inconstanten und vieldeutigen Ergebnissen führten, was will man von Experimenten am lebenden Menschen erwarten, wo die anatomischen, physiologischen und physikalischen Versuchsbedingungen so complicirt sind? Wie will man die Wirkung der Muskelcontractionen, der sensiblen Nervenreize, der Erregung der centripetalen Vagusfasern, des Halsmarks und der Medulla oblongata ausschalten? — Die vieldeutigen Erscheinungen an den Gefässen und den Pupillen lassen sich am Lebenden nicht entwirren und es ist verlorene Liebesmüh, sich hier Klarheit verschaffen zu wollen. Jedenfalls ist es besser, bis etwa die Sympathicuslehre von physiologischer Seite einen Schritt vorwärts gethan hat, vom praktischen Standpunkte aus die von G. Fischer u. A. vorgeschlagenen Bezeichnungen „Galvanisation am Halse, subaurale Galvanisation“ zu gebrauchen, als noch ferner von Sympathicusgalvanisation zu sprechen.

Die Organe der Brusthöhle.

Meine oben mitgetheilten Versuche über die Verbreitung von Zweigströmen durch die inneren Organe von Leichen bei percutaner Einleitung galvanischer Ströme gestatten die Annahme, dass auch am Lebenden bei zweckmässiger Aufstellung, Grösse und Beschaffenheit der Elektroden und bei genügender Stromstärke Zweigströme durch die inneren Organe zu leiten sind. Ob und unter

welchen Bedingungen die Letzteren physiologische Wirkungen entfalten können, darüber ist bisher Wenig bekannt.

Herz. Ich habe an dem freiliegenden Herzen der Catharina Serafin eine Reihe von Versuchen in dieser Richtung angestellt und folgende Resultate erhalten[1]):

Auf den Inductionsstrom reagirte das Herz selbst bei hoher Stromintensität nicht. Dagegen liess sich durch den constanten Strom und zwar in höherem Grade wenn die Ka auf dem Herzen stand, als durch die An die Frequenz und die Energie der Herzcontractionen steigern.

Ein constanter, ohne Unterbrechung fliessender Strom auf die Ganglienregion (Atrioventrikularfurche und Nachbarschaft) steigerte die Frequenz der Herzcontractionen um das 2—3fache bei voller Regelmässigkeit der Schlagfolge.

Mit sehr starkem Strome waren langsame Unterbrechungen, besonders Stromwendungen im Stande, die Schlagfolge herabzusetzen.

Weitere Versuche an Gesunden oder an an Herzmuskelschwäche leidenden Individuen ergab im Allgemeinen keine erhebliche Reaction, allein es war doch bei Anwendung starker Ströme eine entschiedene Beschleunigung und Energiezunahme der Herzcontractionen aus den Versuchen zu erschliessen. Ausdrücklich muss ich hier betonen, dass für die Galvanisirung des Herzens (wie auch für die der Eingeweide der Bauchhöhle), wenn ein augenfälliger Erfolg erzielt werden soll, sehr kräftige Ströme und mindestens handgrosse Elektrodenflächen erforderlich sind.

Wie weit die Bedeutung der galvanischen Behandlung des Herzens geht und unter welchen Verhältnissen dieses Verfahren contraindicirt sein dürfte, vermag ich aus meinen bisherigen Beobachtungen noch nicht zu entscheiden.

Was den **Oesophagus** anlangt, so ist dessen Muskulatur durch eine sondenförmige Elektrode mit grosser Präcision zur Verkürzung zu bringen. Da die Muskulatur im oberen Dritttheil ganz aus quergestreiften Fasern besteht, so ist hier der Effekt der Reizung mit Inductionsströmen prompt, mit dem Kettenschluss beginnend und mit der Oeffnung der Kette endend, wie bei den übrigen animalischen Muskeln, während sich die unteren zwei Dritttheile, welche vorwiegend

---

[1]) v. Ziemssen, Die elektrische Erregbarkeit des N. phrenicus und des Herzens. D. Archiv f. klin. Med. Bd. XXX. 1882. S. 291.

aus organischen Muskelfasern bestehen, die den organischen Muskelhäuten überhaupt zukommende träge und die Reizung überdauernde Contraction zeigen. Es lässt sich dieses Verhalten beim Hunde sehr gut demonstriren.

Was endlich den **Respirationsapparat** betrifft, so liegen hier nur einzelne Beobachtungen an Gesunden vor.

Dass ein galvanischer Strom bei Application der Elektroden an der Hals- oder Brustwirbelsäule Hustenreiz bewirken kann, ist bereits von Brenner beobachtet. Ich habe mehrere derartige Beobachtungen an sonst gesunden Individuen gemacht. Bei Einzelnen trat der Husten bei bestimmter Stellung der Ka zwischen den Schulterblättern — An auf dem Sternum — ganz prompt beim Kettenschluss auf und liess sich jeder Zeit in derselben Weise wieder hervorrufen. Solche Fälle, in denen der galvanische Strom Hustenreiz im Kehlkopf oder in der Trachea hervorruft, scheinen aber selten zu sein, wenigstens habe ich nur wenige derartige Individuen angetroffen.

Das **Zwerchfell** ist der indirecten Reizung vom Phrenicus aus sowie auch der directen Reizung von den Muskelansätzen an den unteren Rippen aus zugänglich. Der letztere Weg ist unsicher und nur bei mageren Personen von augenfälliger Wirkung. Ueber das Verfahren bei der Phrenicusreizung findet sich weiter unten (anatomisch-physiologische Data zur Methode der Localisirung des elektrischen Stromes) Genaueres angegeben.

Die Wirkung der Phrenicusreizung am Lebenden zu studiren hatte ich die seltene Gelegenheit an der oben erwähnten Catharina Serafin, deren Herz und linker Phrenicus frei dalag [1]). Der linke N. phrenicus verlief hier auf dem rechten Ventrikel abwärts, ca. 2 Ctm. nach vorne vor dem geschlängelt pulsirenden Verticalaste der Art. coron. cordis sinist. und war in einer Längenausdehnung von 10 Ctm. nur von Haut bedeckt der Reizung frei zugänglich. Das mit der nach innen gezogenen Brusthaut überkleidete Zwerchfell lag als Boden der Höhle frei vor und konnten seine Athembewegungen sowohl gesehen als gefühlt werden. Die Reizung geschah mit einem erbsengrossen, schwammüberzogenen Elektrodenknopfe, während die indifferente Elektrode auf das Sternum oder auf der Wirbelsäule stand.

---

[1]) v. Ziemssen, Die elektrische Erregbarkeit des N. phrenicus. D. Archiv f. klin. Medicin. Bd. XXX. 1882. S. 291.

Faradische Reizung bewirkte eine flotte Contraction der linken Zwerchfellhälfte. Das Herabtreten des Zwerchfells geschah rapid, sodass der Boden der Höhle zu versinken schien — die Differenz in der Stellung der Diaphragmaoberfläche betrug etwa 35 Mm.

In dieser Tiefstellung verharrt die Zwerchfellshälfte unbeweglich, so lange die faradische Reizung des N. phrenicus dauert. Nur bei sehr geringen, gerade noch wirksamen Innervationsgraden des faradischen Stromes (70 Mm. Rollenabstand) liess sich eine Art Kampf zwischen dem normalen Innervationsreize und dem faradischen Reize bemerken: der Tetanus der Zwerchfellshälfte wird hier ab und zu durch eine Erschlaffung unterbrochen. Auf kurze und rasch wiederholte Reizungen des Phrenicus — es wurde der Strom im metallischen Theil der Kette taktmässig unterbrochen und geschlossen — reagirt das Zwerchfell mit derselben Promptheit und Energie, wie jeder andere quergestreifte Muskel bei rasch wiederholter Reizung seines motorischen Nerven. Schmerzen oder überhaupt sensible Empfindungen irgend welcher Art wurden von der Kranken während der Phrenicusreizung selbst bei höherer Stromstärke nicht verspürt. Hiernach wird die Annahme Luschka's, dass der Phrenicus auch sensible Fasern zum Pericardium, zur Pleura und zum Peritoneum abgebe, widerlegt und die rein motorische Natur der Phrenicus constatirt.

Die galvanische Reizung des N. phrenicus ergab ebenfalls dasselbe Verhalten desselben sowie des Zwerchfells, wie es den motorischen oder gemischten Nerven und den dazugehörigen quergestreiften Muskeln zukommt, in specie auch die normale Zuckungsformel. Die Schwellenwerthe lagen

für die KaSZ bei LX 400 S.W. [1])
AnSZ „ „ 600 „
AnOZ „ „ 700 „
KaOZ fehlt bei der höchsten Stromstärke.

Die rechte Zwerchfellshälfte betheiligte sich bei der artificiellen Contraction der linken Hälfte nur passiv, insofern es durch die starke Abwärtsbewegung der letzteren, wie die lineare Percussion in der rechten Mamillarlinie ergiebt, um ca. einen Intercostalraum mit herabgezerrt wird.

---

[1]) d. h. bei Einschaltung von LX Siemens-Elementen und 400 Siemens-Einheiten Widerstand, Rheostat in Nebenschliessung. Die Galvanisation geschah mit erbsengrossem schwammüberzogenem Elektrodenknopf, die indifferente 5 × 8 cm grosse Elektrode stand auf dem Sternum oder der Scapula.

Die Organe der Bauchhöhle.

Von den Organen der Bauchhöhle verhalten sich beim Menschen die Organe mit glatten Muskelfasern (Magen, Darm, Blase etc.) gegenüber dem elektrischen Reiz, soweit Beobachtungen vorliegen, ganz ebenso, wie es sich am Hunde und anderen Thieren beobachten lässt. Die Contractionen beginnen an der gereizten Stelle langsam und steigern sich bei Fortdauer des Reizes je nach der Intensität desselben rascher oder langsamer zu höherem Grade. Von der gereizten Stelle aus pflanzt sich die Verkürzung am Magen nur an der Portio pylorica nach abwärts bis zum Pylorus fort. An allen übrigen Theilen des Magens und Darms bleibt die Contraction auf die Reizstelle beschränkt und gleicht sich nach Aufhören des Reizes langsam wieder aus.

Die glatte Muskulatur reagirt auf beide Stromesarten mit Verkürzung, indessen auf den constanten Strom, wie es mir scheint, prompter und bei verhältnissmässig geringeren Graden der Stromintensität, als auf den inducirten.

Bei diesen Verkürzungen der Ring- und Längsmuskulatur wird das contrahirte Darmstück ischämisch, und es tritt eine vermehrte Secretion Seitens der Schleimdrüsen in die Erscheinung, wie wir solche Steigerungen der secretorischen Thätigkeit auf der Schleimhaut des Mundes, des Schlundes, des Kehlkopfes, der Blase etc. beobachten, wenn die Pole direct die Schleimhaut berühren.

Uebrigens besteht bei fortdauernder faradischer Reizung eines Darmstückes die Constriction desselben fort, während dieselbe unter der Einwirkung eines dauernden galvanischen Stromes je nach der Intensität desselben mehr oder weniger wieder nachlässt.

Die Reactionsverhältnisse am Magen sind nach den von mir angestellten Versuchen an Hunden, welche zum Theil von Caragiosiadis[1]) veröffentlicht, zum Theil von mir in der Section für interne

---

[1]) Caragiosiadis, Die locale Behandlung der Magenectasie. Dissert. München 1878. — v. Ziemssen, Elektrisation des Magens. Tageblatt der 52. Naturforscher-Versammlung in Baden-Baden. 1879. S. 270. — Kussmaul, ebendaselbst und Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. VIII. 1877. S. 205. — Bäumler, Tageblatt der 52. Naturforscher-Versammlung. 1879. S. 270 und Centralblatt f. Nervenheilkunde. 1879. S. 466.

Medicin auf der 52. Naturforscherversammlung zu Baden-Baden mitgetheilt sind, folgende: Die Magenmuskulatur des Hundes contrahirt sich bei Application unpolarisirbarer Elektroden auf den blossgelegten Magen in der Breite der einwirkenden Elektrode ringförmig, die Contraction gleicht sich nach der Oeffnung der Kette langsam wieder aus. Eine Fortpflanzung der Contraction auf nicht gereizte Partien findet nur an der Portio pylorica Statt, welche sich überhaupt durch grössere Reizbarkeit vor den übrigen Regionen des Magens auszeichnet. Die Contraction der Portio pylorica pflanzt sich bis zur Pylorusklappe fort und erlischt hier, ein Uebergang der Peristaltik auf das Duodenum war nie zu beobachten.

Im schroffen Gegensatze zu der relativ hohen elektrischen Erregbarkeit der Portio pylorica steht die Reactionslosigkeit der Fundusregion[1]). Nur mit sehr starken Strömen vermag man an der Muskulatur der letzteren eine geringe Verkürzung hervorzurufen. Die Reaction der mittleren Magenregion steht in der Mitte zwischen der des Fundus und der Pförtnerportion. Die Contractionsringe stehen senkrecht auf der Längsachse des Magens und entsprechen Radien eines Kreises, von dem die grosse Curvatur einen Abschnitt darstellt.

Begünstigend für das Zustandekommen einer energischen Contraction ist eine mittlere Füllung des Magens mit Flüssigkeit und Luft, während eine straffe Füllung mit Flüssigkeit oder starke Gasspannung in demselben die Contraction fast unmöglich macht. Dasselbe Resultat ergiebt die beiderseitige Reizung des Vagus: auch hier ist die Contraction des Gesammtmagens bei mittlerer Füllung am deutlichsten und kräftigsten.

Bei elektrischer Reizung der Magenwand von aussen kann man eine mässsige Verkleinerung der Magenhöhle mit theilweiser Austreibung ihres Inhaltes nur dann erzielen, wenn man eine differente Elektrode von der Grösse und Krümmung des Magens wählt. In diesem Falle ist eine Drucksteigerung in dem flüssigen Inhalte des Magens nebst Dünndarms zweifellos, wie ich entgegen der Angabe von Bäumler auf das Bestimmteste behaupten darf.

---

[1]) Nach einer Mittheilung meines Collegen Prof. Rüdinger entspricht dieses Verhalten der elektrischen Reaction der Magenwand der topographischen Verbreitung des Vagus in derselben. Der Reichthum der Portio pylorica an Vaguszweigen ist grösser, als der der mittleren Partie, und dieser wieder grösser als der des Fundus.

Die Versuchsanordnung war folgende: In den obersten Duodenumabschnitt wird ein Manometer eingebunden, nachdem von der Schnittöffnung aus ein Kautschukschlauch durch den Pylorus geschoben ist, um den Schluss des Pylorus zu verhindern. Der Oesophagus ist am oberen Drittel unterbunden, nachdem der Magen und der Dünndarm von oben her mit Flüssigkeit mässig gefüllt ist. Wird nun ein faradischer oder constanter Strom mit grossem Elektrodenquerschnitt auf die äussere Magenwand eingeleitet, so steigt das Niveau der Wassersäule im Manometer langsam um 2—3 cm und sinkt mit dem Oeffnen der Kette langsam wieder ab. Dieser Versuch gelingt bei Kaninchen nicht immer, bei Hunden aber jedesmal.

Diese Versuche stellen die Möglichkeit einer Einwirkung auf die motorischen Leistungen der Magenwand ausser Zweifel, lehren aber zugleich, dass dieselben nicht überschätzt werden dürfen und dass zum Zwecke dieser Einwirkung grosse Elektrodenquerschnitte und sehr starke Ströme nothwendig sind.

Was nun die Frage von der Einwirkung des elektrischen Agens auf die secretorische Innervation und die Thätigkeit der Drüsen anlangt — eine Frage, deren Bedeutung für die Elektrotherapie des menschlichen Magens ich weit über die der Wirkung auf die Motilität stelle — so findet nach meinen Versuchen an Hunden durch länger dauernde Elektrisation des Magens eine Steigerung der Drüsenthätigkeit statt. Bei der vivisectorischen Untersuchung ist dies ebenso deutlich wie bei der Elektrisation des Magens von Hunden mit Magenfistel. Einführung der Elektrode in den mit Wasser gefüllten oder leeren Magen wirkt in dieser Beziehung natürlich am energischsten. Doch kann man eine Zunahme der Magensaftabsonderung auch bei kräftiger Elektrisation von aussen erzielen.

Mit diesem Ergebnisse stehen die Resultate von Versuchen, welche ich am Menschen mit gesunden und kranken Magen anstellte, durchaus in Einklang. Von kranken Mägen kommen vorzüglich die Gastrectasien, dann die sogenannten nervösen Dyspepsien u. A. in Frage. Die Application der beiden Ströme geschah meistentheils nach einander, beide in grosser Stärke, der constante mit häufigen Volta-schen Alternativen und stets mit grossen Elektrodenplatten, von denen die grössere (Magenelektrode No. I mit einer Quer- und Längenausdehnung von 15 × 30 cm) entsprechend der Lage der vorderen Magenwand (welche stets vorher durch CO_2-Aufblähung festgestellt wurde) aufgestellt wurde, während die kleinere (Magenelektrode No. II mit einem Quer- und Längenmass von 10 : 25 cm) am hinteren unteren Thoraxumfange linkerseits bis zur Wirbelsäule ange-

legt wurde. Beide Elektrodenplatten sind mit dicken Filzpolstern versehen und der Art biegsam, dass man sie den Krümmungen der Körperoberfläche genau adaptiren kann.

Die Wirkung starker, durch die Magenwand in ganzer Ausdehnung gehender Stromschleifen ist nur — von der Wirkung auf die Bauchmuskulatur sowie das Zwerchfell sehe ich hier als irrelevant ab, obwohl dem Patienten die mit dem Schluss der Kette oder mit der Commutation eintretende Contraction der Bauchmuskeln sowie des Zwerchfells gewöhnlich sehr imponiren — zunächst ein Gefühl behaglicher Wärme in der Magengegend, bald auch ein gesteigertes Nahrungsbedürfniss und als weitere Folge eine erheblich bessere Leistungsfähigkeit der Magenverdauung als vorher. Diese günstige Wirkung auf Appetit und Magenverdauung ist eine ziemlich constante und ist auch in pathologischen Fällen selbst bei alten Gastrectasien und bei eingewurzelten Dyspepsien aus den verschiedensten Ursachen meist sehr in die Augen springend. Weiteres hierüber im therapeutischen Theil.

Die Einführung der Elektroden oder einer derselben in den Magen des Versuchsthiers oder des Menschen wirkt auf Contraction und Secretion, wie a priori zu erwarten war, energischer. Ich habe viele Versuche der Art am Magen wie an der Blase mit besonderen, für diesen Zweck construirten Elektroden gemacht. Dieselben bestehen in Schlundsonden resp. elastischen Kathetern, in welche ein starker Kupferdraht mit knopfförmigem Ende als Mandrin eingeführt ist. Derselbe wird, damit er nicht aus dem Sondenfenster herausgleitet, am oberen Ende in einem Seitenrohr des Metallaufsatzes mittelst eines Schraubengewindes fixirt und trägt zugleich eine Klemmschraube, in welche der Leitungsdraht des Elektrisir-Apparats eingelegt wird. Der Theil des Metallaufsatzstückes, welcher die Verlängerung des Rohres darstellt, ist mit Riefen zur Ueberschiebung des Gummizuleitungsschlauchs des Magen- resp. Blasenspülapparats versehen. Man kann also diese Sonde gleichzeitig zur Entleerung, Ausspülung und Füllung des Magens und zur Einleitung des elektrischen Stroms benutzen. Es ist nur eine einmalige Einführung täglich nöthig. Die Benutzung der Drahtelektrode hat natürlich nur dann einen Nutzen, wenn der Magen mindestens halb voll Wasser ist und die Sondenfenster unter das Niveau desselben eintauchen. Da aber die Wassermasse als Elektrode wirken soll, so ist es behufs möglichst extensiver Reizung der Magenschleimhaut wünschenswerth, wenigstens $1\frac{1}{2}$ Liter Flüssigkeit in den

Magen einzuführen, ehe die Elektrisation beginnt. Die 2. Elektrode wird mit möglichst grosser Contactfläche auf das Epigastrium und linke Hypochondrium aufgesetzt.

Sicherlich ist man berechtigt, dieses Verfahren als ein rationelles zu bezeichnen, allein in der Praxis stösst es doch auf grosse Schwierigkeiten. Es ist besonders die Langwierigkeit desselben, die übermässig lange Dauer des Verweilens der Sonde in den oberen Speisewegen, welches die Patienten schwer ertragen. Man muss zuerst den Magen von seinem Inhalt befreien, dann reinspülen, dann noch einmal Wasser einfüllen für die Elektrode. Dann wird oben der Schlauch mittelst Sperrklemme geschlossen und der elektrische Apparat angeschlossen, der Strom in beiden Arten einige Minuten durchgeleitet und endlich das Wasser wieder entfernt — das ist eine Procedur, welcher nur die abgehärtesten Gastrectatiker gewachsen sind: die Mehrzahl der Patienten strengt es zu sehr an. Ich bin deshalb in den letzten Jahren fast ganz davon zurückgekommen und habe die percutane Elektrisirung des Magens nunmehr allein cultivirt, die auch ganz befriedigende Resultate giebt. Weiteres hierüber unten bei der Elektrotherapie des Magens.

Der **Darm** resp. dessen Wand verhält sich bei vivisektorischen Versuchen im Allgemeinen genau so wie die Magenwand. Ein elektrischer Reiz, welcher auf eine umschriebene Stelle des Hundedarms (welcher sich wegen seiner derben Muskulatur für solche Versuche besonders gut eignet) eingeleitet wird, verursacht eine ringförmige, derbe Contraction des Darmrohrs, ohne Fortpflanzung auf die folgenden Darmstücke und gleicht sich, ohne dass peristaltische Bewegungen bemerklich sind, nach Oeffnung der Kette langsam wieder aus. Die Anregung resp. Erregung einer Peristaltik ist also auf elektrischem Wege nicht zu erzielen, eine Thatsache, welche für den therapeutischen Werth der elektrischen Behandlung des Darmtorpors von Bedeutung ist.

Die scheinbar dem widersprechenden Beobachtungen, welche ich früher an schlaffen, grossen Hernien des Menschen machte und deren eine ich in den früheren Auflagen dieses Buches mitgetheilt habe, erklären sich dadurch, dass bei der Application beider mittelgrossen Elektroden auf die Hernie die Mehrzahl der in dem Bruchsack befindlichen Darmschlingen gleichzeitig von dem elektrischen Reize betroffen wurden und somit lebhafte Bewegungsvorgänge in der Hernie zu Stande kamen.

Ich lege übrigens auch bei der Elektrotherapie des Darms auf die Beeinflussung der motorischen Sphäre, wie beim Magen, weniger Gewicht als auf die Erregung der secretorischen und vasomotorischen Nerven, als deren Wirkung eine nicht blos quantitative, sondern wahrscheinlich auch qualitative Veränderung der Drüsensecretion einzutreten scheint, sowie auch auf die günstige Beeinflussung der für viele Individuen so peinlichen abnormen Gemeingefühle im Unterleibe, gegen welche die Therapie sonst meist ziemlich ohnmächtig ist.

Bemerken will ich noch, dass, um diese Wirkungen auf den Darm zu erzielen, man sich durchaus grösster, den Unterleib ganz bedeckender Elektrodenquerschnitte und starker Ströme bedienen muss, wodurch auch eine Beeinflussung der motorischen Sphäre noch am meisten gewährleistet wird.

Für die Erregbarkeit der glatten Muskeln der **Harnblase** und der **Gallenblase** beim Menschen sprechen die Versuche am Thier, welche zeigen, dass diese Hohlmuskeln sich auf beide Ströme nach der Ausgangsöffnung hin im Quer- und Längsdurchmesser verkleinern, wobei der flüssige Inhalt ausgetrieben wird. Zu einer solchen Wirkung gehören aber nach den von mir an Hunden und Kaninchen angestellten Versuchen kräftige Ströme und direkte Berührung des Organs wenigstens mit einem Pole. Percutan gelingt die Procedur weder beim Thier noch beim Menschen. Mir ist es deshalb sehr zweifelhaft, ob die Erregung der Gallenblasenmuskulatur beim Menschen, wie sie Gerhardt[1]) behufs künstlicher Entleerung der Gallenblase und Ausstossung des Hindernisses aus dem Ductus choledochus bei Icterus catarrhalis versuchte, indem er den einen Pol eines starken, grobschlägigen Inductionsstromes in die Gallenblasengegend, den anderen gegenüber im Rücken und zwar rechts von der Wirbelsäule aufsetzte, bis zu dem Intensitätsgrade möglich ist, dass der von Gerhardt beabsichtigte Erfolg (Ausstossung des Pfropfes und Entleerung der Gallenblase) eintritt.

Bei der **Harnblase** ist eine energische Einwirkung auf die Muskulatur durch die Möglichkeit, Elektroden (einfache und doppelte) durch die Harnröhre in die mit Wasser gefüllte Blase einzuführen, gewährleistet mittelst des oben bei der inneren Magenelektrisation

---

[1]) Ueber Icterus gastro-duodenalis. Sammlung klin. Vorträge von Volkmann. No. 17. p. 9/113.

angegebenen Apparates. Die Vorrichtung, welche die Berührung des Elektrodendrahtes mit der Blasenwand verhütet, ist hier unentbehrlich, ebenso die Füllung der Blase mit Wasser, damit die ganze innere Fläche der Blase dem elektrischen Strom exponirt ist. Ich wende als principales Erregungsmittel häufige Stromwendungen des Batteriestroms an, während die 2. Elektrode mit handgrossen Platten über der Symphyse steht. Der Inductionsstrom muss auch in grosser Stärke angewendet werden, wenn eine genügende Stromquantität und Stromdichte die Blase oder die Magenwand erreichen soll.

Für die ärztliche Praxis möchte ich auch für die Elektrisation der Blase wie für die des Magens und Darms das percutane Verfahren als ausreichend empfehlen. Die eine Elektrode steht auch hier über der Symphyse, die andere am Damme oder als Rectumelektrode im Mastdarm.

Auf die Muskulatur der **Ureteren**, des **Vas deferens**, des **Uterus** wirkt der elektrische Strom bei Säugethieren ebenfalls, wie dies am Hunde und anderen Versuchsthieren nachzuweisen ist, Contraction erregend. Am Menschen ist bisher nur am schwangeren Uterus behufs Erregung von Wehen und Austreibung der Frucht experimentirt worden. Ueber die zweckmässigste Methode zur Erregung von Uterus-Contractionen gehen übrigens die Ansichten der betreffenden Untersucher auseinander, doch dürfte die von Mackenzie[1]) befürwortete Application der Ka an die Portio vaginalis und der An durch Vermittlung des Rectums an das Corpus uteri oder an das Kreuzbein am meisten zu empfehlen sein.

Ob der elektrische Strom auf die Function der **Nieren** irgend einen Einfluss auszuüben im Stande und ob in dieser Richtung am Menschen etwas zu erreichen sei, darüber sind wir vollständig im Dunklen. Gerhardt[2]) kam bei seinen Versuchen, an Gesunden und Wassersüchtigen die Urinsecretion durch Faradisirung der Nierengegend anzuregen, zu negativen Resultaten.

Die Reaction der **Milz** auf den elektrischen Strom ist noch immer controvers, wenigstens was die menschliche Milz anlangt. Beim Hunde

---

[1]) Medico-Chirurgical Transactions. 1859. p. 160.

[2]) l. c.

ist die Contractilität ausser Zweifel. Ich habe mich wiederholt von der beträchtlichen Verkleinerung des Organs mit Runzelung der Kapsel überzeugt, wenn der elektrische Strom durch das eventrirte Organ im Längsdurchmesser eingeleitet wurde. Dasselbe ist schon früher von Claude Bernard[1]) und neuerdings von Mosler[2]) wiederholt beobachtet.

In Betreff der Contractilität der menschlichen Milz lauten die Ergebnisse der Versuche an Hingerichteten, welche die Erlanger Forscher[3]) und Kölliker[4]) anstellten, negativ, dagegen die von Wagner[5]), Harless[6]) und Jaschkowitz[7]) positiv.

Am Lebenden habe ich oft, aber bisher vergeblich, versucht, einen Einfluss auf die Grösse der Milz unter normalen und pathologischen Verhältnissen durch Einleitung elektrischer Ströme auf das linke Hypochondrium und die Seitenwand des Thorax zu üben.

Dagegen behauptet Chvostek[8]) auf reflectorischem Wege, nämlich durch Faradisirung der Haut über der Milz mit zwei Metallpinseln, erhebliche Verkleinerungen von Wechselfieber-Milztumoren erzielt zu haben.

Die Richtigkeit der Thatsache vorausgesetzt, muss man hier eine reflectorische Reizung der lienalen Aeste des Plex. coeliacus, welche sich geflechtähnlich mit der Art. lienalis in die Milz senken, annehmen. Einen wie bedeutenden Einfluss die Milznerven auf das Volumen der Milz haben, ergibt sich aus den Versuchen von Mosler und Landois[9]), welche auf Durchschneidung aller sichtbaren Nerven an der aus der Bauchhöhle herausgezogenen Milz des Hundes dieses Organ sofort derart anschwellen sahen, dass der ursprüngliche Bauchschnitt erweitert werden musste, um das vergrösserte Organ reponiren zu können.

---

[1]) Gaz. méd. de Paris. 1849. S. 994.

[2]) Die Pathologie und Therapie der Leukämie. Berlin 1872. S. 136.

[3]) Dittrich, Gerlach und Herz, Anatomische Beobachtungen und physiologische Versuche an den Leichen von zwei Hingerichteten. Prager Vierteljahrsschr. 1851. Bd. VIII, S. 65ff.

[4]) Zeitschr. f. wissenschaftliche Zoologie. Bd. III. S. 37.

[5]) Jena'sche Annalen. 1849. Heft I.

[6]) Ebenda. Bd. II. S. 244.

[7]) Virchow's Archiv. 1857. Bd. XI. S. 239.

[8]) Beiträge zur Elektrotherapie. II. Eine Methode zur Faradisation der Milz bei Lebenden. Wiener med. Presse. 1870. No. 7, 8, 10, 16, 17, 34 u. 41.

[9]) Mosler, Leukämie. S. 131.

Von den Apparaten und ihrer Behandlung.

I. Apparate zur Anwendung der Reibungs-Elektricität.

Die alte Elektrisirmaschine und die Leydener Flasche hat sich niemals in den Instrumentarien der Krankenhäuser und der Aerzte wirklich eingebürgert. Manche Aerzte, besonders englische, lassen zwar bei manchen Nervenkrankheiten noch immer die Funken der Elektrisirmaschine oder selbst der Leydener Flasche, wenn es gilt, Böses mit Bösem zu vertreiben, auf gelähmte Glieder oder auf ein krankes Rückenmark überschlagen, allein diese Heilbestrebungen sind denn doch ziemlich roh und haben in der Therapie unserer Tage noch keine Stelle.

Neuerdings haben einzelne Autoren die Spannungsströme, welche die Influenzmaschine von Holtz[1]) liefert, zu therapeutischen Zwecken zu verwenden angefangen. Unter ihnen ist besonders Frommhold und Schwanda[2]), dann Stein[3]), Paul Vigouroux[4]), Beard und Rockwell[5]), Drosdoff[6]) u. A. zu nennen, deren Publicationen jedoch vor der Hand nicht davon überzeugen können, dass diese sogenannten Spannungsströme sowohl in physiologischer als therapeu-

---

[1]) Holtz, Poggendorf's Annalen. Bd. 126. 1865. S. 168.

[2]) Ueber die physiologischen und therapeutischen Wirkungen der Spannungsströme. Wiener med. Presse. 1868. IX. 6. S. 147. — Ueber die Wirkungen der von der Holtz'schen Maschine gelieferten Spannungsströme am Menschen. Poggendorf's Annal. Bd. 133. S. 622. — Ueber die Elektrophormaschine von Holtz und ihre Anwendung in der Elektrotherapie. Wiener med. Jahrbücher. 1868. XXIV. 3. S. 163.

[3]) Stein, Die allgemeine Elektrisation etc. II. Auflage. Halle 1883.

[4]) P. Vigouroux, De l'électricité statique et de son emploi au thérapeutique. Paris 1882.

[5]) Beard und Rockwell, New-York Med. Record. Sept., Oct. 1881.

[6]) Drosdoff, Centralblatt f. Nervenheilkunde. 1882. No. 7.

tischer Beziehung eine andere Wirkung hätten als starke Inductionsströme und dass sie „eine wesentliche Ergänzung des elektrischen Heilapparates seien". Wie die Aussichten der Influenzmaschine in therapeutischer Beziehung augenblicklich stehen, habe ich in dem Capitel „Allgemeine Elektrotherapie" ausgeführt. Die Nothwendigkeit, mit der statischen Elektricität sachgemässe Versuche anzustellen, um die Angaben von Vigouroux und Stein zu prüfen und der Sache auf den Grund zu kommen, liegt meines Erachtens zweifellos vor und ich halte es für eine Aufgabe der wissenschaftlichen Institute, solche Untersuchungen anzustellen. In dem klinischen Institut zu München ist eine Holtz-Voss'sche Influenzmaschine aufgestellt, welche sich wegen der Constanz ihrer Leistungen und der Unabhängigkeit von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft für klinische Zwecke vorzüglich eignet. Da aber vor der Hand wenig Aussicht besteht, dass dieser complicirte und kostspielige Apparat in die Praxis Eingang finde, so sehe ich hier von einer Beschreibung desselben ab.

II. Apparate zur Anwendung der Inductionsströme.

A. Die magnet-elektrischen Inductionsapparate.

Der magnet-elektrische Rotationsapparat von Saxton war der erste, welcher zur Anwendung der Inductionsströme am kranken Körper Gelegenheit gab. Er ist in der Folge vielfach modificirt worden, so von Ettinghausen, Keil, Stöhrer, Duchenne u. A., hat es aber wegen seiner zahlreichen Schattenseiten nicht zu einer allgemeineren Verbreitung bringen können.

Er erfordert zunächst bei seiner Anwendung stets einen geübten Assistenten, ja es sind, wenn die Versuche lange währen, sogar mehrere Gehülfen nöthig, welche sich abwechseln müssen, da der einzelne durch das angestrengte Drehen der Kurbel sehr bald ermüdet wird. Die Unterbrechung des Stroms kann ferner sowohl wegen der Construction des Apparats als auch wegen des ungleichen Kraftaufwandes Seitens des Gehülfen nie eine so gleichmässige und rapide sein, wie bei dem Du Bois'schen Schlittenapparate, an dem der Strom selbst die Unterbrechung mit einer immensen Schnelligkeit und mit unveränderlicher Gleichmässigkeit ausführt. Dieser Umstand sowohl, als auch jener, dass die Stromstärke am Rotationsapparat nicht mit solcher Genauigkeit moderirt und berechnet werden kann, als an dem

volta-faradischen, macht die Application des magnet-elektrischen Stroms an empfindlichen Partien, z. B. am Gesichte oder am Halse, bei sensiblen Personen aber überhaupt am ganzen Körper fast unerträglich schmerzhaft.

Trotzdem ist es sehr wahrscheinlich, dass die magnet-elektrischen Apparate noch einmal in der Elektrotherapie eine Rolle spielen werden. Sobald es gelungen sein wird, die oben bezeichneten Schattenseiten durch Vervollkommnung der Technik zu beseitigen, wird man den Stahlmagneten dem Volta'schen Elemente als einfachere Elektricitätsquelle vorziehen. Die hochwichtigen Fortschritte der Elektrotechnik, welche wir hauptsächlich Werner Siemens verdanken, lassen erwarten, dass auch die für ärztliche Zwecke construirten magnet-elektrischen Apparate mit der Zeit dem Bedürfnisse der praktischen Medicin entsprechend construirt werden mögen.

B. Die volta-magnet-elektrischen Inductionsapparate.

Die Grundlage aller jetzt gebräuchlichen complicirteren Apparate bildet der Schlittenmagnetelektromotor von Du Bois-Reymond, auch kurzweg Schlittenapparat genannt. Derselbe besteht aus einer kleinen und einer grossen hohlen Rolle von übersponnenem und mit Firniss überzogenem Kupferdraht. Der Hohlraum der kleinen Rolle birgt ein Bündel weicher Drahtstäbe, welche durch einen Firnissüberzug gegeneinander isolirt sind, den sog. Eisenkern. Der cylindrische Hohlraum der grösseren Rolle dient zur Aufnahme der kleineren Rolle, über welche die erstere, auf Schienen beweglich, hinweggeschoben wird.

Die Unterbrechung des Stroms wird durch den Neef-Wagnerschen selbstthätigen elektro-magnetischen Hammer bewirkt, welcher von Halske modificirt wurde. Derselbe ist in der umstehenden Abbildung (Fig. 2) von dem Inductionsapparate getrennt dargestellt.

Die Poldrähte des Elements sind am Fusse der Säulen A und B, nämlich bei P (positiver Pol) und Z (Zinkpol oder negativer Pol) in die Klemmschrauben eingelegt gedacht. Der Strom läuft in der Säule A aufwärts, tritt in den Hebel $h h_1$, dessen kürzeres Ende durch eine Spiralfeder bei h niedergezogen, dessen längeres Ende mithin nach oben gegen die Schraube s gedrückt wird. Von s tritt der Strom durch die Säule abwärts, durch den auf dem Fussbrett

verlaufenden Draht in die Drahtwindungen, welche den Electromagneten umkreisen, und nachdem er diese durchlaufen, durch die Säule B zur Kette zurück. Der Anker von weichem Eisen, welcher sich an dem Hebel hh_1 befindet, wird beim Kreisen des Stroms von dem Elektromagneten angezogen, dadurch entsteht aber eine Unterbrechung des

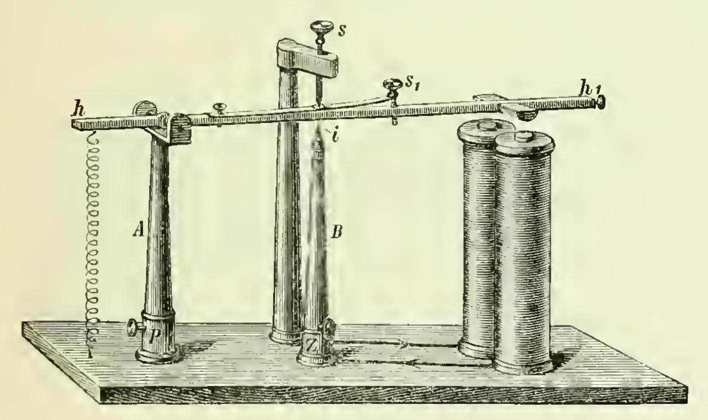


Fig. 2.

Stroms, indem der Hebel von der Schraube s entfernt wird. Der Elektromagnet, durch die Unterbrechung des Stroms seines Magnetismus beraubt, lässt den Anker fahren und stellt dadurch die Verbindung des Hebels mit der Schraube s wieder her. Der von Neuem kreisende Strom giebt dem Elektromagneten seinen Magnetismus wieder, so dass derselbe den Anker wieder anziehen und den Strom wiederum unterbrechen muss. Dieser Wechsel von Unterbrechen und Schliessen des Stroms dauert an, so lange das zwischen A und B eingeschaltete Element Ströme liefert.

Wagner's elektro-magnetischer Hammer ist von Neef mit dem Inductionsapparate in Verbindung gesetzt und von Du Bois-Reymond ebenfalls bei seinem Schlittenapparate verwendet.

Der Du Bois-Reymond'sche Schlittenapparat empfiehlt sich zu ärztlichen Zwecken ganz besonders, und zwar sowohl wegen seiner Zweckmässigkeit und Einfachheit, als auch wegen seiner Billigkeit. Die umstehende Abbildung (Fig. 3) stellt den Apparat in der einfachsten Form dar. Derselbe wird durch irgend ein Volta-sches Element in Thätigkeit gesetzt und liefert Ströme erster und zweiter Ordnung. Die Fortleitung der Ströme wird sofort einleuchten,

wenn wir mit Bezugnahme auf die nachstehende Abbildung den Kreislauf des (positiven) Stroms verfolgen.

Der negative Pol ist in die Klemmschraube a eingelegt. Der positive Strom verläuft nach dem Schlusse der Kette in der messingnen Säule g aufwärts und in der Feder des Unterbrechungshämmerchens h bis zu dem in der Mitte desselben liegenden Platinblöckchen. Von

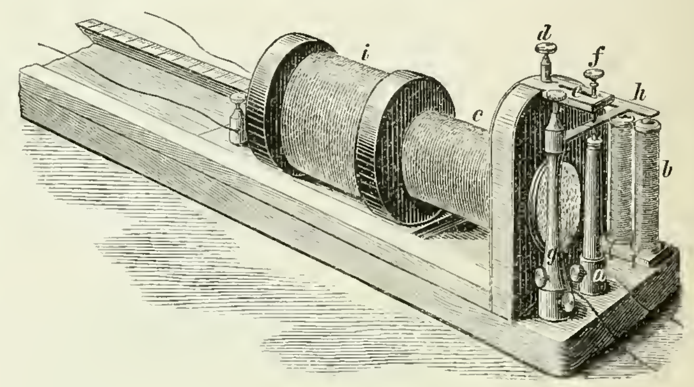


Fig. 3.

hier aus tritt er in die Platinspitze der Schraube f, dann durch das Messingstück e nach der Klemmschraube d und von hier in den Draht der inneren Rolle c. Nachdem er diesen durchlaufen, tritt er vermittelst der im Fussbrett verborgenen Drahtleitung an den kleinen Hufeisenmagneten b, welcher aus zwei Säulen und einem dieselben verbindenden Fussklötzchen (Alles aus weichem Eisen bestehend) zusammengesetzt ist. In dem diese Säulen umspinnenden Drahte umkreist nun der positive Strom zuerst die eine, dann die andere Säule und nimmt alsdann in dem Leitungsdrahte seinen Weg nach der Klemmschraube a, um sich hier mit dem negativen Pole zu vereinigen.

So lange der Strom in dem Drahte, welcher das Hufeisen b umspinnt, kreist, ist dieses ein Magnet und zieht den Anker des Hämmerchens h an. Dadurch wird aber die Verbindung der Platinspitze an der Schraube f mit dem Platinblöckchen auf dem Hammerstiel aufgehoben, also der Strom unterbrochen. In demselben Augenblicke erlischt aber auch der Magnetismus in dem Hufeisen, das Hämmerchen schnellt vermöge der Federkraft seines Stieles aufwärts; damit ist die Verbindung desselben mit der Platinspitze der Schraube f wieder hergestellt und durch den von Neuem kreisenden Strom das

Hufeisen wieder magnetisch gemacht. Dieses zieht den Hammer wieder an, lässt ihn vermöge der Stromunterbrechung wieder fahren und auf diese Weise wird Unterbrechung und Wiederherstellung des Stroms in raschem Wechsel folgen, so lange ein Strom überhaupt erzeugt wird.

Der Eisenkern befindet sich im Centrum der inneren Spirale und besteht, wie schon erwähnt, aus einem Bündel gefirnisster Drahtstäbe, welche durch den in der inneren Drahtrolle kreisenden Strom zu Magneten werden.

Will man sich des secundären Inductionsstroms bedienen, so wird die äussere Rolle i, welche nach Art eines Schlittens auf messingnen Schienen läuft, über die innere Rolle hinweggeschoben, mit der sie übrigens in keiner leitenden Verbindung steht. Je weiter man die äussere Rolle i über die innere c vorschiebt, um so intensiver wird der Inductionsstrom in der Drahtspirale der Rolle i, welcher bei jeder Stromunterbrechung Seitens des Hämmerchens durch den verschwindenden Extrastrom und den verschwindenden Magnetismus des Eisenkerns inducirt wird.

Der Inductionsstrom wird entweder durch die Klemmschrauben, welche sich an der Rolle i befinden und die Leitungsschnüre aufnehmen, aus dem Apparate entzogen, oder wird, wenn sich der Apparat in einem Kasten befindet, durch die Metallschienen bis an die Wand desselben geleitet und den an der äusseren Fläche derselben befindlichen Klemmschrauben entnommen. Der Extracurrent wird aus dem Apparate mittelst besonderer Klemmschrauben entzogen, von denen auf der umstehenden Abbildung (Fig. 3) nur die eine (bei d) angegeben ist.

Diese einfachsten Schlittenapparate haben nun eine Menge von Veränderungen erfahren, welche theils die Grösse der Rollen, die Zahl der Drahtwindungen etc., theils die Adaptirung derselben für den ärztlichen Gebrauch betreffen. Dadurch sind die Apparate allmälig viel zweckmässiger für die medicinische Anwendung geworden. Ich beschränke mich im Nachfolgenden auf die Beschreibung der nach meiner Erfahrung den ärztlichen Zwecken am meisten entsprechenden Apparate.

Ich beginne mit den **Elektricitätsquellen.**

Als elektromotorische Elemente benutzt man für den Du Bois-

Reymond'schen Apparat die constanten Ketten von Daniell, Siemens-Daniell, Bunsen und Leclanché.

Die Daniell'sche Kette empfiehlt sich durch ihre Constanz, ihre Billigkeit und durch den Mangel von Säuredämpfen. Die stromerregenden Metalle sind Kupfer und Zink. Ersteres, ein breites cylindrisch gebogenes Kupferblech K (vgl. den idealen Durchschnitt in Fig. 4) befindet sich in dem Glase A zu äusserst in einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd. Das Zink, ein hohler Cylinder Z, steht in einem unten geschlossenen Thoncylinder C und ist von verdünnter Schwefelsäure oder einer concentrirten Lösung von Kochsalz umgeben. Es stehen somit zur Vermeidung von Polarisationsströmen die Metalle in verschiedenen Flüssigkeiten, welche durch eine poröse Thonzelle geschieden sind, ohne dass durch dieselbe das Strömen der Elektricität vom Zink zum Kupfer gehindert würde. Der am Zink freiwerdende Sauerstoff oxydirt das Metall. Die Schwefelsäure bildet mit dem Oxyd schwefelsaures Zinkoxyd, welches in der Flüssigkeit aufgelöst wird. Am Kupfer wird durch Entwicklung von Wasserstoff das Kupferoxyd zu metallischem Kupfer reducirt, welches sich auf dem Kupferblech niederschlägt, indem der Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff des Kupferoxyds zu Wasser verbindet.

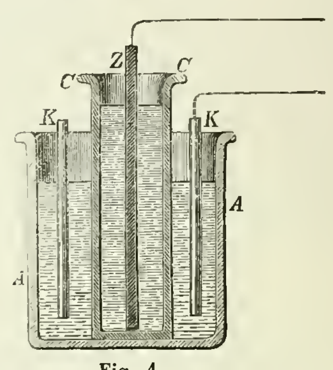


Fig. 4

Während somit die Kupferplatte beim Gebrauche sich immer wieder mit reinem Kupfer beschlägt und allmälig verdickt, wird der Zinkkolben oxydirt und dadurch die Constanz des Stroms beeinträchtigt. Es erwächst uns also die Aufgabe, der Oxydation des Zinks entgegenzuwirken.

Dies geschieht am besten durch das sogenannte **Verquicken** oder

Amalgamiren des Zinks. Das Verfahren ist folgendes: Man stellt den Zinkkolben bis zum oberen Rande einige Secunden in verdünnte Schwefelsäure oder Salzsäure, bis das Metall rein und weiss zu Tage tritt. Alsdann nimmt man den Kolben heraus und übergiesst ihn innen und aussen mit regulinischem Quecksilber. Obgleich dasselbe rasch einen Ueberzug von Zinkamalgam auf der Oberfläche bildet, so ist derselbe doch nicht vollständig und es ist nöthig, das Quecksilber mittelst eines um einen Stab oder eine Bürste gewundenen und mit Watte unterpolsterten Leinwandlappens über die ganze Oberfläche zu verreiben. Ist die Oberfläche nicht ganz glänzend, so muss man die ganze Procedur noch einmal wiederholen. Ist die Verquickung genügend, so spült man den Cylinder oder Kolben in Wasser ab und legt ihn alsdann auf Fliesspapier, damit er trockne. Nach einigen Stunden kann er in Gebrauch gezogen werden.

Andere, z. B. Rosenthal, empfehlen eine Lösung von Quecksilber in Salpetersäure, welche auf das Zink nach der Reinigung der Oberfläche durch verdünnte Schwefelsäure mittelst eines Pinsels aufgetragen wird. Die Vorschrift für die Bereitung der Lösung ist nach Rosenthal (Rosenthal und Bernhardt, III. Aufl., S. 48) folgende: 4 Theile Quecksilber werden in 5 Theilen Salpetersäure und 15 Theilen Salzsäure unter gelindem Erwärmen aufgelöst und alsdann noch 20 Theile Salzsäure zugesetzt.

Was die **Flüssigkeiten** anbetrifft, in welche die Metalle gestellt werden, so ist die Schwefelsäure mit Wasser im Verhältniss von 1 Raumtheil roher oder englischer Schwefelsäure zu 6—10 Raumtheilen Wassers zu verdünnen.

Die Kupfervitriollösung ist durch Einlegung von grösseren Stücken käuflichen Kupfervitriols in das Glas oder nach Rosenthal durch Einhängen eines mit pulverisirtem Kupfervitriol gefüllten Florbeutelchens in die Lösung gleichmässig concentrirt zu erhalten.

Will man die Elemente in gutem Zustande erhalten und lange gebrauchen, so muss man sie nach jedesmaligem Gebrauche auseinandernehmen, die Säuren in ihre Gläser füllen, die Metalle abspülen, die Thoncylinder in Wasser legen, in dem sie (bei öfterem Wechsel des Wassers) aufbewahrt werden.

Diese Reinigung der Elemente nach jedem Gebrauche, der Zeitverlust, ferner die unvermeidliche Verunreinigung durch die Flüssigkeiten erschweren den Gebrauch dieser Ketten der Art, dass sie bei

den Aerzten trotz ihrer Constanz und trotz ihrer Billigkeit längst ausser Gebrauch gekommen sind.

Siemens und Halske haben das Verdienst, das Daniell'sche Zinkkupfer-Element in der Art verbessert zu haben, dass dasselbe nicht auseinander genommen zu werden braucht, sondern dauernd in Thätigkeit bleibt und doch Ströme von tadelloser Constanz und von ganz ungewöhnlicher Dauer liefert. Man kann ein Daniell-Siemens-sches Element so ziemlich ein Jahr ununterbrochen in Gebrauch haben, ohne daran, ausser Nachfüllen von Wasser und Ergänzung des verbrauchten Kupfervitriols, Veränderungen vornehmen zu müssen. Ich verweise übrigens auf die Beschreibung dieses Elements bei den Batterien für den constanten Strom, wo die Siemens-Daniell'sche Batterie die erste Stelle einnimmt. Für Inductions-Apparate eignen sie sich wegen ihres grossen Umfangs und ihrer Schwere viel weniger als die Elemente von Bunsen und Leclanché, welche auf den folgenden Seiten genauer besprochen werden sollen.

Das Grove'sche Zinkplatina-Element eignet sich trotz seiner hervorragenden elektromotorischen Kraft ebenfalls nicht für Inductionsapparate und constante Batterien, weil einerseits ihre Anwendung jedesmal die Umständlichkeit des Füllens und der nachfolgenden Reinigung mit sich bringt, und andererseits die sich entwickelnden Dämpfe von salpetriger Säure die Metalltheile des Apparats angreifen. Endlich kommt auch noch der hohe Preis dieser Elemente in Betracht. Ich halte indessen eine kurze Erwähnung derselben und ihrer Zusammensetzung an dieser Stelle deshalb für zweckmässig, weil sie früher für Inductionsapparate in Gebrauch gezogen wurden und besonders weil sie für die Erzeugung thermischer Wirkungen — also für die Galvanocaustik — noch immer als die beste und sicherste (wenn auch nicht als die bequemste und billigste) Elektricitätsquelle erklärt werden müssen.

Die Grove'sche Kette führt Zink und Platin als Erreger. Das Zink steht cylinderförmig aussen im Glase (Fig. 5) in verdünnter Schwefelsäure, das Platin, zur Vergrösserung der Oberfläche S-förmig gebogen (vergl. Fig. 6), ist an einem Porcellandeckel befestigt, welcher die Thonzelle gut abschliesst. Auf diese Weise kommen die Dämpfe der in der Thonzelle befindlichen und das Platin umgebenden Salpetersäure nicht so sehr zur Wahrnehmung als bei offenem Thoncylinder.

Der elektrochemische Vorgang ist am Zink derselbe wie bei dem Daniell'schen Element. Am Platin dagegen reducirt der ausgeschie-

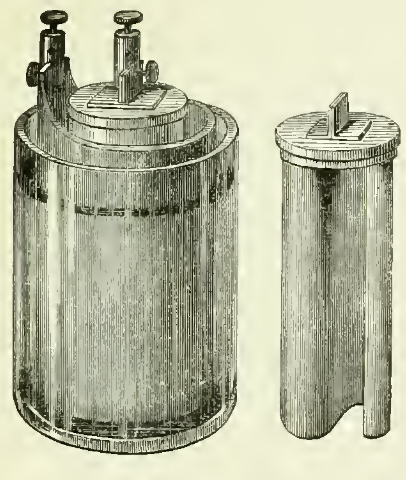


Fig. 5. Fig. 6.

dene Wasserstoff die Salpetersäure zu salpetriger Säure, indem er sich mit dem Sauerstoff zu Wasser verbindet.

Dem Bedürfnisse der ärztlichen Praxis konnten die eben bezeichneten Elemente nicht genügen, da sie die Anwendung des elektrischen Stromes zu einer sehr zeitraubenden und unangenehmen Procedur machten, welche für jeden beschäftigten Arzt, falls er sich nicht der Hülfe eines geübten Dieners erfreute, auf die Dauer geradezu undurchführbar war. Es musste dem Arzte die Möglichkeit gegeben werden, den elektrischen Strom mit derselben Leichtigkeit und mit demselben geringen Aufwande von Zeit und Mühe zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken zu verwerthen, mit welchem heutzutage die meisten zu diagnostischen und therapeutischen Proceduren construirten Apparate in Anwendung kommen.

Die Aufgabe der physikalischen Technik war es, diesem Bedürfnisse der Heilwissenschaft abzuhelfen. Es handelte sich zunächst für die Anwendung des Inductionsstroms um die Construction leicht transportabler Apparate mit constanten und dauerhaften Elementen, welche jeden Moment ohne weitere Vorbereitung in Thätigkeit zu setzen wären. Diese Aufgabe ist durch die Einführung der stabilen Braunstein-Elemente von Leclanché und der Bun-

sen'schen Elemente mit Hebungs- oder Senkungsvorrichtung (Bunsensche Tauchbatterie) in befriedigender Weise gelöst worden. Durch die Verwendung der Leclanché-Elemente und der Tauchbatterien für die Inductions-Apparate ist jedem Arzt die Möglichkeit gegeben, den Inductionsstrom jeder Zeit in Anwendung zu ziehen, ohne dass weitere Massnahmen nöthig wären als die wenigen Handgriffe, welche den Apparat in Bewegung setzen, und diejenigen, welche seine Thätigkeit wieder sistiren. Erst hierdurch ist der Inductionsstrom ein Gemeingut der Aerzte geworden.

Das Leclanché'sche Zink-Kohle-Braunstein-Element.

Das Element, welches Leclanché[1]) erfunden hat und welches das Zink-Mangansuperoxyd- oder Kohlen-Braunstein-Element mit einer Flüssigkeit, auch Braunstein-Element kurzweg genannt wird, besitzt manche Vorzüge vor den anderen Elementen und hat rasch eine grosse Bedeutung wie in der Elektrotechnik überhaupt, so auch für die Elektrotherapie gewonnen.

Die Einrichtung dieser Elemente ist folgende (vergl. Fig. 7):

In einen porösen Thoncylinder (a) ist eine stabförmige Platte

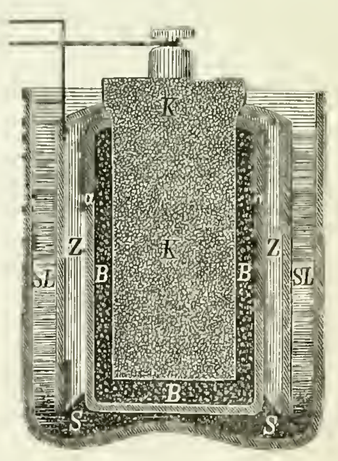


Fig. 7.

von Gaskohle (KK) eingelassen und in den noch übrig bleibenden Raum ein Gemisch von über erbsengrossen Stücken von Braunstein

[1]) Leclanché in Mechanics Magazine, März 1868 und in Les Mondes. Tom. XVI. S. 532. März 1868.

(Pyrolusit, Manganhyperoxyd) und grob pulverisirter Gasretortenkohle eingefüllt (BB). Der Thoncylinder ist mit einem passenden Deckel verkittet, welcher den Kohlenstab (mit der Klemmschraube oben darauf) durchtreten lässt und ausserdem noch zwei feine Oeffnungen zur Ermöglichung des Zutritts der atmosphärischen Luft und des Entweichens des freiwerdenden Wasserstoffs enthält.

Der Thoncylinder wird in ein Glasgefäss gestellt, welches bis zur Hälfte der Thonzellenhöhe mit concentrirter Salmiaklösung (SL) gefüllt ist. Der rohe käufliche Salmiak genügt vollständig. In dieser Lösung steht ein amalgamirter Zinkcylinder (ZZ), welcher etwa alle 2—3 Monate einer Reinigung und Neuverquickung bedarf.

Die neuere Construction, wie sie auf den französischen Telegraphenstationen gefunden wird, ist noch einfacher, weil die Thonzelle wegfällt. Die Kohlenplatten befinden sich hier zwischen gepressten Kohle-Braunsteinplatten und mit dem Zink durch Gummiringe festgehalten.

Die elektromotorische Kraft dieses Elements ist sehr bedeutend. Nach den Bestimmungen von Beetz[1]) beträgt dieselbe 1,167, wenn die Kraft eines Daniell'schen Elements = 1 gesetzt wird[2]). Den Widerstand des Elements fand Beetz = 1,5 S.-Einheit.

Die Constanz ist sehr bedeutend, wenn man die Salmiaklösung stets concentrirt erhält, was am besten dadurch bewerkstelligt wird, dass man dauernd in der Flüssigkeit Salmiak im Ueberschuss erhält.

Beim Gebrauch entwickelt sich durch Elektrolyse der Salmiaklösung Chlorzink und Ammoniak, während der Braunstein das an der negativen Polplatte abgeschiedene Wasserstoffgas rasch absorbirt (Leclanché).

Nach J. Müller[3]) besteht der Nutzen des Braunsteins darin,

---

[1]) Sitzungsber. d. k. Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-physikalische Klasse. Sitzung vom 7. Januar 1871.

[2]) Die vergleichende Bestimmung von Beetz ergibt für die gebräuchlichsten Elemente folgende Zahlenwerthe:

1 Bunsen-Element	=	1,799 Dan.
1 Grove-Element	=	1,684 „
1 Stöhrer-Element	=	1,272 „
1 Leclanché-Element	=	1,167 „
1 Meidinger-Element	=	0,849 „

[3]) Poggendorff's Annalen. Bd. 140. 1870. S. 308.

dass er bei der Elektrolyse Sauerstoff abgibt, obwohl diese Sauerstoffabgabe nicht hinreicht, um allen durch den Strom ausgeschiedenen Wasserstoff zu oxydiren. Die galvanische Polarisation wird also dadurch, dass die Kohlenplatte mit Braunstein umgeben ist. merklich verringert, aber nicht aufgehoben.

Das Ammoniak geht, sobald die wässerige Lösung damit gesättigt ist, flüchtig fort. Beim Gebrauch einzelner Elemente kommt dieser Nachtheil nicht in Betracht; dagegen können grosse Batterien aus Leclanché's Elementen nicht im Zimmer stehen, weil die Ammoniakdämpfe zu stark werden.

Dieser Uebelstand, welcher besonders auf Telegraphenstationen, auf denen diese Elemente im Gebrauch sind, sich bemerklich gemacht hat, sowie der weitere, dass die elektro-motorische Kraft mit der Zeit sinkt, lässt diese Elemente für grosse, zu elektro-therapeutischen Zwecken construirte Batterien nicht so praktisch erscheinen als die Siemens-Daniell'schen Elemente, obwohl sie andererseits vor diesen Manches voraus haben.

Für Inductionsapparate eignen sie sich ganz vortrefflich, besonders wenn man zwei Elemente verwendet und dieselben neben einander, nicht hinter einander, verkuppelt, also die beiden Zinke und ebenso die beiden Kohlen unter einander verbindet und dann erst mit dem Apparate in Verbindung setzt. Im letzteren Falle ist nämlich die Stromintensität nach Hitzig[1]) beinahe doppelt so gross als im ersteren Falle.

Um von den vielen im ärztlichen Gebrauche befindlichen Inductionsapparaten gewissermassen ein Prototyp vorzuführen, gebe ich hier die Beschreibung eines der bekanntesten Inductionsapparate, nämlich des von Krüger und von Hirschmann in Berlin construirten. Derselbe zeichnet sich durch Zweckmässigkeit der inneren Einrichtung und Sicherheit des Ganges aus.

Krüger und Hirschmann's transportabler Inductionsapparat mit Leclanché-Elementen.

Dieser Inductionsapparat gewährt den Vortheil, welchen ich oben als durch das Bedürfniss der Praxis geboten bezeichnet habe, dass

---

[1]) Berliner klin. Wochenschr. 1867. No. 48.

er nämlich ohne weitere Vorbereitung jeden Augenblick in Thätigkeit gesetzt werden kann.

Ein oder zwei Leclanché-Elemente befinden sich in der auf der beistehenden Figur 8 mit E bezeichneten Abtheilung des Kastens. In dem grösseren Apparate befinden sich zwei Elemente,

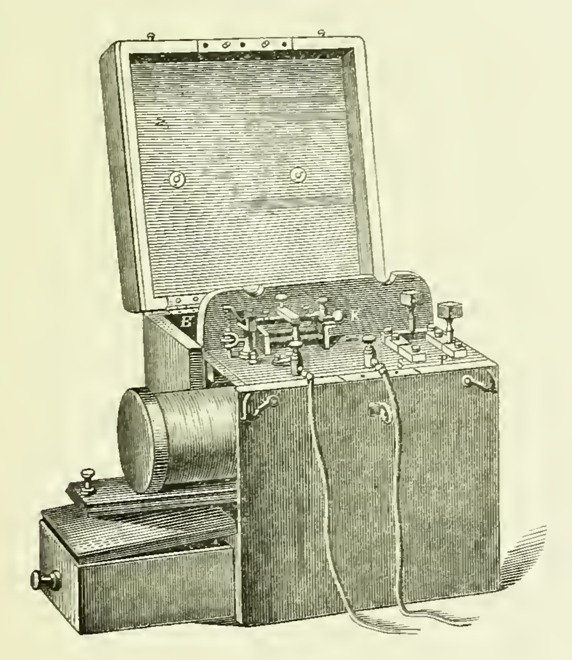


Fig. 8.

welche neben einander, d. h. Zink mit Zink und Kohle mit Kohle, verkuppelt sind. Dieselben befinden sich in dauernder und unveränderlicher Verbindung mit dem Inductionsapparate. Die Leitung wird durch eine Stöpselvorrichtung hergestellt, welche sich auf dem Deckblatt der vorderen Abtheilung rechterseits angebracht findet; von den drei hier befindlichen und mit Ausschnitten für die Aufnahme von Stöpseln versehenen Messingblöcken dient der mittlere zur Herstellung der Leitung überhaupt.

Sobald der Stöpsel in den mittleren Block eingesetzt wird, geräth der Hammer in Thätigkeit. Die Messingblöcke P resp. S stellen, wenn sie gestöpselt werden, die Leitung des primären resp. des secundären Stroms zu den Klemmschrauben her, welche die Leitungsschnüre aufnehmen.

Stöpselt man den Messingblock P, so leitet man den primären Strom oder richtiger den Extracurrent, stöpselt man bei S, so leitet man den secundären, richtiger den Inductionsstrom, zu den zwei Klemmschrauben und von hier durch die Leitungsschnüre auf den Körper über.

Die Unterbrechung geschieht durch einen Hammer mit Kugelunterbrecher nach M. Meyer und einen horizontal liegenden Elektromagneten. Der Kugelunterbrecher ist eine verstellbare Verlängerung des Hämmerchens mit einer Kugel am Ende. Das Metallstäbchen, welches die Kugel trägt, ist in dem Stiel des Hämmerchens verschiebbar und kann durch eine Stellschraube in jeder beliebigen Stellung zum Hammer fixirt werden. Auf diese Weise kann man den Hammer mittelst der Kugelstange bis fast um das Doppelte verlängern und dadurch die Zahl der Schwingungen des Hammers resp. der Unterbrechungen so vermindern, dass man sie nicht blos sehen, sondern auch zählen kann. So hübsch übrigens diese Vorrichtung und so brauchbar sie bei gewissen Untersuchungen ist, so muss sie doch für den praktischen Arzt als entbehrlich bezeichnet werden.

Unter dem Deckblatt der vorderen Abtheilung befinden sich die Drahtrollen. Dieselben stehen horizontal, so dass die äussere Rolle bei niedergeschlagener linker Seitenwand nach links aus dem Kasten hervorgezogen werden kann. Unter den Drahtspiralen befindet sich eine Schublade zur Aufnahme der Nebenapparate.

An der rechten Seitenwand steht der Handgriff des Eisenkerns hervor, an welchem man die Stellung des letzteren zur inneren Rolle verändern kann. Herausziehen desselben schwächt beide Ströme. Sollte der primäre Strom nach gänzlicher Entfernung des Drahtkerns noch zu stark sein, so kann derselbe durch Einsetzung des dritten Stöpsels bei S noch weiter geschwächt werden.

Der kleinere Apparat unterscheidet sich von dem eben beschriebenen dadurch, dass er nur ein Element besitzt, während übrigens die Construction dieselbe ist, wenn auch das Lageverhältniss der einzelnen Theile zu einander ein etwas anderes ist.

Sehr beliebt sind auch die Inductionsapparate von Stöhrer und Sohn in Leipzig, welche durch ein oder zwei Zinkkohle-Elemente mit Hebungsvorrichtung in Thätigkeit gesetzt werden. Die Inductionsrollen stehen vertikal und wird die äussere Rolle durch einen graduirten Stab über die innere herüber- und hinaufgezogen. Als Elektromagnet für den Hammer ist der Eisenkern benutzt.

Sehr viele Mühe hat sich die Technik gegeben, diesen Inductionsapparat auf einen möglichst kleinen Raum zusammenzudrängen; ja selbst bis zu Taschenapparaten hat man es gebracht. Ich lege diesen Bemühungen deshalb keinen grossen Werth bei, weil der Inductionsapparat für sich allein keine Zukunft hat, sondern nur in Verbindung mit der constanten Batterie Werth besitzt. Wer indessen beide Apparate getrennt besitzen will, wird unter den compendiösen Inductionsapparaten den Spamer'schen als den zweckmässigsten zu wählen gut thun.

III. Apparate zur Anwendung des constanten galvanischen Stroms.

Einen constanten galvanischen Strom liefern selbstverständlich nur die constanten Ketten von Daniell, Siemens, Bunsen und Leclanché. Neuerdings hat man auch die Pincus'schen Elemente für kleine portative Batterien verwendet.

Wirklich constant ist von den genannten Ketten nur die Daniell'sche, und diese ist für ärztliche Zwecke nur in der Siemens-schen Verbesserung anwendbar, welche eine Benützung der Batterie ohne weitere Vorbereitung oder dergl. gestattet, während die gewöhnlichen Daniell'schen Elemente wenigstens einmal täglich vollständig auseinandergenommen und gereinigt werden müssen.

Das Daniell-Siemens'sche Zink-Kupfer-Element.

Siemens' ingeniöse Verbesserung des Zinkkupferelementes besteht in einer beträchtlichen Verdickung des Diaphragmas, sodass dasselbe nicht nur aus Thonzelle, sondern auch noch aus einer dicken Schicht Papiermasse besteht, sowie in der Stellung der Metalle übereinander. Hierdurch sind die chemischen Vorgänge ausserordentlich beschränkt und verlangsamt, und dementsprechend ist die Constanz und Dauer des Stroms enorm vermehrt. An die Stelle der täglichen Reinigung ist eine halbjährige getreten, eine Veränderung der Stellung der Metalle etc. hat inzwischen nicht stattzufinden, und nur alle 1—2 Monate ist, wie in der Natur der Sache liegt, ein Nachfüllen von Wasser und Kupfervitriol nöthig, eine Procedur, die bei 50 Elementen etwa eine Stunde erfordert und ohne Verrücken oder Auseinandernehmen der Batterie bewerkstelligt wird.

Etwa alle 3—4 Jahre ist ein „Umstopfen“ der Elemente, d. h. eine Erneuerung der Papiermasse nöthig, welche, da sie besondere Schwierigkeiten bietet, am besten dem Fabrikanten überlassen wird.

Dass die Ströme bei der beschränkten und verlangsamten Diosmose nur schwach sein können, liegt auf der Hand, allein diesem Mangel ist durch Vermehrung der Zahl der Elemente leicht abzuhelfen.

So würden diese Elemente also allen Anforderungen der Wissenschaft und der ärztlichen Praxis genügen, wenn nicht doch ein Uebelstand sich bemerkbar machte. Diese Batterien sind nämlich nicht oder doch nur mit grosser Schwierigkeit transportabel. Dies beruht theils darauf, dass man zur Herstellung mittelstarker Ströme eine grosse Zahl Elemente braucht, theils darauf, dass die Elemente vermöge ihrer Construction einen sehr grossen Umfang und ein sehr hohes Gewicht haben.

Jedes Element (vergl. Fig. 9) befindet sich in einem Glase von 15 cm Höhe und 11 cm Durchmesser. Ein in mehrere Schneckenwindungen gebogener, etwa einen Zoll breiter Streifen von Kupferblech

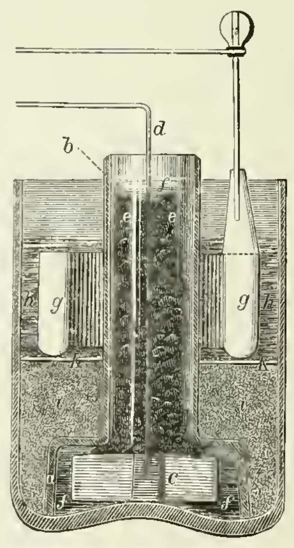


Fig. 9.

(c), an den ein Kupferdraht (d) angelöthet ist, steht auf dem Grunde des Glases mit der Kante auf. Ueber denselben ist eine Thonzelle (aa) gestülpt, deren Boden einen Ausschnitt besitzt. In letzteren ist

ein nach oben über den Rand des Glases hinausragender 2,5 cm weiter Glascylinder (b) eingekittet. Oberhalb der Thonzelle, dieselbe umgebend und bis auf den Boden des Glases reichend, liegt eine Schicht Papiermasse (Papier mâché) (ii), welche vor dem Einstopfen mit einem Viertel ihres Gewichts an englischer Schwefelsäure übergossen und solange gerührt wird, bis die ganze Masse eine homogene klebrige Beschaffenheit annimmt. Hierauf mit der vierfachen Menge Wassers bearbeitet und sodann unter einer Presse bei starkem Druck von dem überschüssigen sauren Wasser befreit, wird die Masse sehr fest in das Glas, in welches das Kupferblech nebst der Thonzelle und dem Glascylinder eingestellt sind, hineingestopft, so zwar, dass die Schicht des Papier mâché, vom Boden des Glases gemessen, die Höhe von etwa 7 cm besitzt. Der Zinkcylinder (g), welcher 4,5 cm hoch und 1,5 cm dick ist, wird nun auf die Oberfläche der Papiermasse gestellt, auf welche vorher eine zwiefache Lage von Barchent (kk) gelegt ist. Derselbe befindet sich also oberhalb des Kupferblechs und ist von demselben durch ein sehr dickes Diaphragma getrennt, welches sowohl aus der Thonzelle, als aus der durch die concentrirte Schwefelsäure umgewandelten Pflanzenfasermasse besteht. Der innere Glascylinder (b) wird bis oben hin mit Kupfervitriol-Krystallen gefüllt und dann mit concentrirter Kupfervitriol-Lösung bis zur selben Höhe angefüllt, so dass die das Kupferblech umspülende Flüssigkeit stets eine vollkommen gesättigte Kupfervitriol-Lösung darstellt. Alle 4—6 Wochen sind die Kupfervitriol-Krystalle ebenso wie das Wasser aufzufüllen, so dass beides immer in dem Glascylinder sichtbar bleibt.

Auf den Zinkcylinder wird Wasser (hh) gegossen, welches nach Verlauf einiger Monate durch neues zu ersetzen ist, damit das durch den Strom gebildete schwefelsaure Zinkoxyd stets gelöst erhalten werde. Die zur Bildung des Zinkvitriols nöthige Schwefelsäure wird vermöge des Stroms durch das Diaphragma hindurch transportirt und befreit zugleich die Kupfervitriol-Lösung von der freien Schwefelsäure, welche die Löslichkeit des Kupfervitriols sehr vermindern würde. Nach 6 bis 8 Monaten ist dem den Zinkring umspülenden Wasser ein wenig Schwefelsäure zuzusetzen, wenn die Stromstärke abnehmen sollte, jedoch nur soviel Säure, dass das Wasser auf der Zunge einen schwach säuerlichen Geschmack verursacht. Das Mischungs-Verhältniss von 1 : 30 dürfte vollkommen ausreichend sein.

Sollte das benutzte Kupfervitriol sehr eisenhaltig sein, so wird man gut thun, beim Erneuern der oberen Flüssigkeit auch die unter

dem Diaphragma befindliche Kupferlösung, welche alsdann mit der Zeit sehr eisenhaltig wird, abzugiessen und durch neues Wasser zu ersetzen. Dies ist auch schon deshalb nöthig, um die freigewordene Schwefelsäure zu entfernen, was am besten mittelst einer Pipette geschieht. Bei der allgemeinen Reinigung sind auch die Zinkringe etwa alle 6 Monate neu zu verquicken und die Barchent-Lagen, welche durch die im Zink enthaltenen fremden Metalle verunreinigt werden, durch neue zu ersetzen oder mit verdünnter Salpetersäure auszuwaschen.

Bei täglichem Gebrauche und Aufstellung der Batterie in geheiztem Zimmer (vielleicht gar in der Nähe des Ofens) findet starker Verbrauch des Wassers statt. Es ist deshalb vor Allem darauf zu sehen, dass der Zinkcylinder immer mit Wasser bedeckt ist und dass im inneren Glascylinder das Wasser und die Kupfervitriol-Krystalle sichtbar bleiben resp. rechtzeitig ersetzt werden. Sehr zweckmässig ist es, um die Verdunstung des Wassers zu beschränken, auf den inneren Glascylinder einen Korken zu setzen, in den seitlich eine Furche zur Aufnahme des Drahtes eingefeilt ist, und um den Zinkcylinder feines Sägemehl zu stopfen, sodass das Glas fast bis an den Rand mit feuchtem Sägemehl gefüllt ist. Der Intensität des Stromes thut diese Umhüllung des Zinkes keinen Eintrag, während sie die Verdunstung ganz wesentlich beschränkt.

Die Siemens-Remak'sche Zink-Kupferbatterie nebst Stromwähler, Commutator und Galvanoscop aus den Werkstätten von Krüger und von Hirschmann.

Dieser Apparat besteht aus 60 Siemens'schen Elementen, welche in einem von den Fabrikanten für dieselben construirten Schrank aufgestellt werden, aus einem Stromwähler, welcher mit der Batterie durch Telegraphendrähte verbunden ist und zugleich den Commutator und das Galvanoscop trägt (vergl. den Aufriss in Fig. 11, S. 171).

Dieser Apparat eignet sich vor Allem für klinische Anstalten und Krankenhäuser sowie für Specialisten. Für praktische Aerzte eignet er sich weniger, weil er intransportabel ist, wenigstens müsste der betr. Arzt, der ihn sich anschafft, noch einen transportablen Apparat daneben führen. Uebrigens aber entspricht er allen Anforderungen und es lässt sich auch jeder andere Apparat damit zweckentsprechend verbinden. Will man z. B. den Rheostaten benutzen, so kann man, wenn wie gewöhnlich das Tableau oben auf dem Elementenschranke angebracht ist, den Rheostaten daneben aufstellen und

mit ein paar Drähten ganz leicht damit in Verbindung setzen. Die ganze Anordnung ist um Vieles handlicher, wenn der Schrank niedriger und tiefer gemacht wird, wie dies weiter unten ausgeführt werden wird.

Der **Stromwähler** (S in Fig. 11) dient zur Regulirung der Stromstärke, indem er mittelst Kurbeldrehung die Verkuppelung von 60 Elementen in jeder Combination, welche zwischen 1 und 60 besteht, gestattet. Dieser Apparat besteht aus einer aufrechtstehenden Platte von Mahagoni-Holz, auf welcher 20 versilberte Knöpfe die Zahl der in sie ausmündenden Elemente angeben, nämlich 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 — 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50. In der Mitte des Brettes befinden sich beiderseits in den Mittelpunkten der beiden durch die Metallknöpfe gebildeten Halbkreise die metallischen Ansätze von zwei federnden, mit Elfenbeingriffen versehenen Kurbeln, deren jede in ihrem Halbkreise von Knopf zu Knopf mit Leichtigkeit fortbewegt werden kann, so dass man durch sie die metallische Verbindung des Stromwenders mit jedem beliebigen Zuleitungsdrahte, folglich mit jeder beliebigen Zahl von Elementen herstellen kann. Stehen beide Kurbeln auf dem mit Null bezeichneten Bolzen, so sind alle Elemente ausgeschlossen. In allen übrigen Stellungen der Kurbeln findet Strom statt, da die Contactknöpfe von den Fabrikanten neuerdings so verbreitert sind, dass sie nur durch einen schmalen Spalt getrennt sind, welcher von der breiten Contactfläche der Kurbel beim Vorschieben überbrückt wird, sodass der Strom nicht unterbrochen werden kann, vielmehr beim Vorschieben der Kurbel rechterseits gleichmässig von 5 zu 5 El., links von 1 zu 1 El. anschwillt resp. abschwillt.

Die richtige Handhabung des Stromwählers lässt sich am besten aus folgenden Beispielen entnehmen: Steht die Kurbel B 2 auf Null und B 1 auf 2, so sind 2 Elemente in der Kette, und je nachdem B 1 (bei unverändertem Stande von B 2 auf Null) auf 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oder 10 geschoben wird, bilden 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oder 10 Elemente die Kette. Steht dagegen die Kurbel B 2 auf 5 und B 1 auf 1 (wie auf der beistehenden Zeichnung), so sind 6 Elemente eingeschaltet und mit jedem Fortschieben von B 2 auf den nächsten Knopf wächst die Zahl der Elemente um 5.

Der Wechsel der Stromrichtung geschieht durch den Commutator C, mit den Anschlägen N (normal) und W (Wechsel). Die Einrichtung des Stromwenders wird am einfachsten aus den nachstehenden schematischen Figuren 10a und b nach Rosenthal ersehen.

An einem drehbaren und drehrunden Hartgummistab A sind seitlich 2 Messingbügel B B_1 befestigt, welche gegen federnde Contacte a, b,

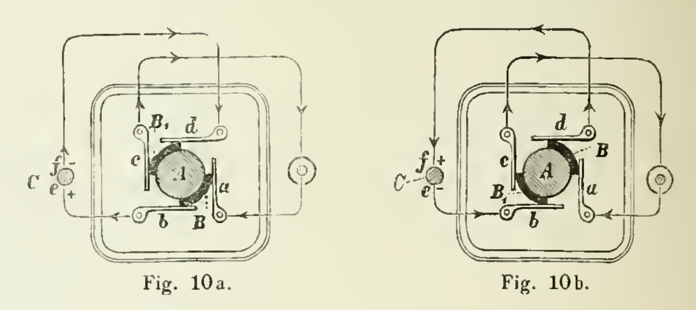


Fig. 10a. Fig. 10b.

c, d schleifen. In der Stellung der Kurbel A, wie sie in Fig. 10a dargestellt ist, geht der positive Strom von der Batterie (rechts) zur Feder a, durch den Messingbügel B zur Feder b und durch dieselbe zum menschlichen Körper C; durch diesen nach der Feder d, den Messingbügel B_1 und die Feder c zur Batterie zurück.

In der Stellung von Fig. 10b geht der positive Strom durch a, B und d nach fCe, dann durch b, B_1 und c zur Batterie. Man sieht sofort, dass in 10a der Körper C in f den negativen, in e den positiven, dagegen in 10b in f den positiven, in e den negativen Pol haben muss, wie auf den Figuren angegeben ist.

Brenner hat die Bügel um die Hartgummischeibe soweit herumreichen lassen, dass sie sich beinahe berührten. Dadurch wird die Unterbrechung des Stroms bei der Commutation auf ein Minimum beschränkt. Diese Verbesserung ist jetzt bei den meisten Commutatoren eingeführt.

Bei den kleinen transportablen Apparaten ist eine einfachere Art von Commutator in Gebrauch, welcher in 2 gegeneinander aufgebogenen, aber sich nicht berührenden Federn, über welchen eine Kurbel schleift, besteht. Diese Art von Commutator ist sehr unvollkommen und alle Augenblick in Unordnung.

Bemerken will ich noch, dass auch an dem vollkommenen Stromwender von Remak-Brenner auf die federnden Contacte Acht gegeben werden muss, dass sie fest anschleifen. Häufig lässt eine oder die andere Feder in ihrer Spannung nach und der Strom ist dann natürlich bei jeder Stellung der Kurbel unterbrochen.

Das **Galvanoscop** (G) gibt die Stärke des Stromes, wenn die

Kette durch Aufsetzen der Elektroden auf den Körper geschlossen ist, durch eine entsprechende Ablenkung der Nadel an, jedoch nur dann, wenn der Stöpsel, welcher bei a die Messingblöcke verbindet, ausge-

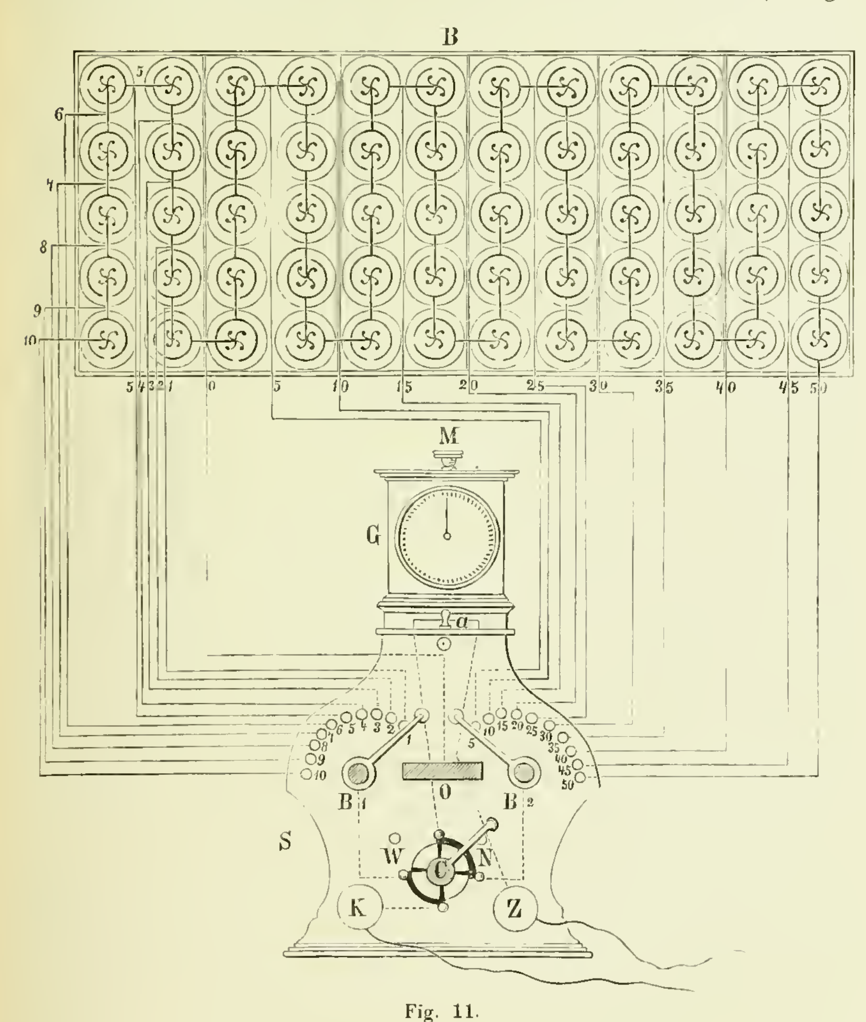


Fig. 11.

zogen ist. Wenn der Stöpsel bei a eingesetzt ist, ist das Galvanoscop, dessen Verbindung mit C und Z aus der Zeichnung ersichtlich ist, ausgeschaltet.

An dem Messingknopf M befindet sich im Innern des Kastens ein kleiner gerader Magnetstab (Compensationsmagnet), mittelst dessen man durch Drehung nach rechts oder links die Nadel, wenn dieselbe

bei offener Kette eine gelinde Ablenkung zeigt, wieder in die Mitte einstellen kaun.

Das absolute **Galvanometer,** dessen Aufstellung und Anwendung wird weiter unten in einem besonderen Abschnitt behandelt.

Ueber die Aufstellung der **Batterie** ist Folgendes zu merken: Nachdem die einzelnen Elemente gefüllt und in dem Batterieschranke aufgestellt sind, werden dieselben hinter einander und zwar immer Kupfer mit Zink verbunden. Ist dies geschehen, und der Stromwähler aufgestellt und befestigt, so führt man den ersten Leitungsdraht[1]) vom Kupferpol des ersten Elementes links nach dem Knopfe 10 der Kurbel B 1 und befestigt ihn mittelst der Messingmutter an der Hinterwand. Der 2. Draht wird in der Klemme, welche das 2. Element mit dem 3. Element verbindet, eingelegt und nach dem Bolzen 9 geführt und hier in derselben Weise befestigt. Dasselbe geschieht zwischen dem 3. und 4., 4. und 5., 5. und 6., 6. und 7., 7. und 8., 8. und 9. Elemente und werden die Drähte in entsprechender Reihenfolge mit den Bolzen 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 verbunden. Der Draht zwischen dem 10. und 11. Element wird zu dem mit Null bezeichneten Querbolzen im Centrum des Stromwählers geführt. Vom 11. Elemente beginnend werden nun immer 5 Elemente abgezählt und die Leitungsdrähte zwischen dem 15. und 16., dem 20. und 21., dem 25. und 26., dem 30. und 31., dem 35. und 36., dem 40. und 41., dem 45. und 46., dem 50. und 51. und dem 55. und 56. Elemente eingelegt und in derselben Reihenfolge zu den Bolzen 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 und 45 der Kurbel B 2 geführt. Der letzte Draht wird vom Zinkpol des 60. Elemeutes zu dem Bolzen des Knopfes 50 geleitet.

Da die Sache ziemlich complicirt ist, so rathe ich jedem mit der Aufstellung noch nicht ganz Vertrauten, sich bei derselben strenge an das in Fig. 11 gegebene Schema der Batterie zu halten, weil alsdann Irrthümer in der Führung der Drähte nicht vorkommen können. Nach dem Schema erseheinen übrigens die Leitungsdrähte 9, 8, 7 etc. mit dem Verbindungsdraht zwischen dem Zink des 10. und dem Kupfer des 9. Elementes verkuppelt, allein in Wirklichkeit wird der Draht 9 einfach in die Klemmschraube des Zinks vom 10. und der Draht 8 in die Klemme des Zinks vom 9. Elemente u. s. w. eingeschraubt.

[1]) Man benützt als Leitungsdrähte am besten mit Guttapercha überzogene Kupferdrähte (Telegraphendrähte).

Das Hantieren in dem von Krüger und Hirschmann gelieferten Schranke ist übrigens unbequem, weil die Fächer so niedrig sind, dass man mit den Händen und Vorderarmen fortwährend anstösst, die Schraubenmuttern in die Elemente fallen lässt und sich auch beim Nachfüllen des Wassers und Kupfervitriols mit den betreffenden Gefässen nicht rühren kann. Ich habe deshalb den Fabrikanten gerathen, den Schrank etwas tiefer machen zu lassen, damit 3 Reihen Elemente hinter einander Platz finden und dann nur 2 Abtheilungen zu machen, eine obere und eine untere. Damit ist der Schrank im Ganzen etwas niedriger, mehr commodenähnlich geworden, wodurch die Handhabung des Stromwählers, des Rheostaten u. a. Instrumente erleichtert ist. Unbequem bleibt aber die Aufstellung und Instandhaltung der Batterie in einem Schranke im Zimmer auf alle Fälle. Ich habe deshalb in meinem klinischen Institute die Batterie in einem Kämmerchen auf dem Corridor untergebracht. Hier stehen die Elemente auf schmalen Repositorien an der Wand ganz frei, alle mit einem Blick zu übersehen und leicht in Stand zu halten. Die Leitungsdrähte gehen von diesem Kämmerchen zu den 3 Zimmern, in denen Tableaux aufgestellt sind.

Das Remak'sche Tableau erfuhr nun von Brenner einige zweckmässige Veränderungen. Unpraktisch erscheint nur, dass er statt der stromwählenden Kurbelvorrichtung die Stöpselvorrichtung einführte. B. hebt als wesentlichen Vorzug dieser Veränderung hervor, einmal dass die Stöpselung die einzig sichere Art des Kettenschlusses darstellt, andererseits, dass man Schwankungen der Stromintensität (während der Anwendung des Stromes am menschlichen Körper) nach oben wie nach unten ohne Unterbrechung des Stromes herstellen kann, indem man höher oder tiefer einen dritten Stöpsel einsetzt. Indessen kann ich mich von der Bedeutung dieser Vorzüge nicht überzeugen. Der Kurbelverschluss mit vorschleifender Feder, wie er oben beschrieben ist, besitzt dieselbe Sicherheit des Schlusses und macht eine Unterbrechung des Stromes beim Anschwellen und Abschwellen unmöglich. Es sind nämlich die Contacte auf dem Tableau so breit, dass sie nur einen sehr schmalen Spalt zwischen sich lassen, und andererseits ist die Contactfläche an der Kurbel so breit, dass dieselbe beim Uebergang von einem Contact zum anderen den zweiten berührt, ohne den ersten verlassen zu haben.

Nun ist aber die Handlichkeit eines Kurbelverschlusses gegenüber der eines Stöpselverschlusses unbestreitbar. Selbst wenn man im Stöpseln sehr geübt ist, bedarf es doch ziemlicher Aufmerksamkeit und genauen Zusehens, um den Stöpsel in das rechte Loch zu bringen. Wie leicht dagegen ist die Verschiebung der Kurbel! Man braucht kaum hinzusehen.

Dagegen stellt eine weitere Brenner'sche Modification, nämlich die Vereinigung sämmtlicher bei der Anwendung der beiden elektrischen Ströme in Gebrauch kommenden Apparate auf einer Tischplatte, einen entschiedenen Fortschritt dar. Insbesondere ist es sehr angenehm, dass man beide Stromesarten aus denselben Klemmschrauben ziehen kann, sodass man die Leitungsschnüre und die Elektroden unverändert in derselben Lage beibehalten kann, während die Verschiebung der betr. Einschaltungskurbeln den inducirten Strom statt des galvanischen oder umgekehrt einschaltet.

Der **Rheostat** (Fig. 12 und 13). Dieser Siemens'sche Widerstandsmesser ist zuerst von Brenner für elektro-diagnostische und -therapeutische, besonders otiatrische Untersuchungen verwendet worden. In der Folge hat sich aber dessen ausserordentliche Brauchbarkeit für alle diagnostischen und therapeutischen Anwendungen des elektrischen Stromes herausgestellt. Allerdings kann der Praktiker ganz wohl ohne den Rheostaten auskommen, allein für feinere pathologische Untersuchungen, sowie für die Elektrotherapie an den höheren Sinnesorganen und am Gehirn ist der Rheostat unentbehrlich, weil keine Vorrichtung eine so feine Graduirung der Stromstärke ermöglicht als dieser Apparat [1]). Dann muss auch hinzugefügt werden, dass die

---

[1]) Ich bemerke übrigens hier, dass die zu elektrotherapeutischen Zwecken gelieferten Rheostaten nicht so absolut genau sind, als die grossen Siemens'schen Rheostaten der physikalischen Cabinete. Die Vergleichung meines früheren von Krüger und Hirschmann gelieferten Erlanger Rheostaten mit einem grossen Siemens'schen im physikalischen Cabinet des K. Polytechnikums in München, welche ich vor längerer Zeit mit Hülfe meines verehrten Collegen Beetz vornahm, ergab folgende Differenzen:

Erlangen		München	Erlangen		München	Erlangen		München
1	=	1 02	10	=	10,24	100	=	100,9
2	=	1,97	20	=	20,30	200	=	201,9
3	=	3,04	30	=	30,48	300	=	303,5
4	=	4,10	40	=	40,59	400	=	402,5
5	=	5,08	50	=	50,50	500	=	504,7
6	=	6,21	60	=	60,82	600	=	606,5
7	=	7,11	70	=	70,85	700	=	707,0
8	=	8,45	80	=	81,09	800	=	808,0
9	=	9,20	90	=	91,10	900	=	909,5
10	=	10,11	100	=	101,20	1000	=	1008,5

Man wird also bei wichtigen Widerstandsbestimmungen zunächst den Rheostaten mit einem Siemens'schen Normal-Widerstandsmesser vergleichen und die sich ergebenden Differenzen mit in Rechnung ziehen müssen, wie dies von mir bei der Berechnung der Widerstandsgrössen der Bulbi, des Gehirns u. s. w. geschehen ist.

Annehmlichkeit, die Stromstärke auf alle nur mögliche Weise mit Leichtigkeit variiren zu können, den Rheostaten mit Kurbelvorrichtung zu einer bequemen, die Anwendung des galvanischen Stromes sehr erleichternden Vorrichtung stempelt.

Der Siemens'sche Rheostat besteht aus verschiedenen Rollen von Neusilberdraht, deren Länge einer bestimmten Zahl von Siemens-schen Widerstandseinheiten entspricht. Als Siemens'sche Widerstandseinheit bezeichnet man bekanntlich den Widerstand, welchen eine Säule chemisch reinen Quecksilbers von 1 □mm Querschnitt und 1 m Länge bei 0° Temperatur darbietet.

Die Widerstands-Grössen in dem Rheostaten werden übrigens je nach Bedürfniss resp. Bestellung verschieden geliefert. Die gewöhnlichen Rheostaten umfassen im Ganzen 1110 S.-E., d. h. sie besitzen zehn Rollen mit Einern (1—10), weitere zehn Rollen mit Zehnern (10—100) und endlich zehn Rollen mit Hunderten (100—1000).

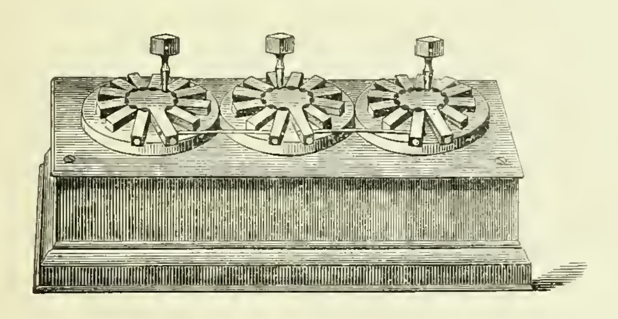


Fig. 12.

Andere Rheostaten umfassen grössere Widerstände, z. B. Brenner's 2100 W.-E. — Darauf kommt übrigens nicht viel an — ein Rheostat mit 1110 W.-E. genügt vollständig. Er gestattet eine Graduirung der Stromstärke von 1—1110 W.-E. und liefert deshalb die feinsten Schwankungen, wobei man ja die Stärke des Hauptstroms durch Verminderung oder Vermehrung der eingeschalteten Elemente noch ausserdem verändern kann.

Aus der umstehenden schematischen Zeichnung (Fig. 13) wird die Anwendung und Leistung des Rheostaten ersichtlich. Alles Schwarze ist Messing. Die bezifferten Messingblöckchen haben jedes die bezeichnete Widerstandsrolle unter sich. Die Verbindung der 3 Rheostatabtheilungen geschieht aussen von c zu d und von e zu f mit Kupferdraht.

Der Rheostat wird am besten ein für alle Mal als Nebenschliessung eingeschaltet, so dass die Klemmschrauben K und Z des Tableaus (vgl. Fig. 11 S. 171) nicht nur die Leitungsschnüre, welche den Strom zu den Elektroden und dem menschlichen Körper führen, sondern auch die Enddrähte a und h (Fig. 13) des Rheostaten

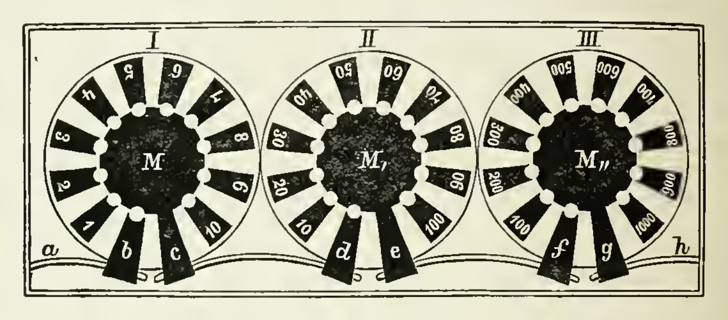


Fig. 13.

aufnehmen. Wird nun die Kette auf dem Körper des Patienten geschlossen und stecken in dem Rheostaten in I, II und III je ein Stöpsel, so stehen dem Batteriestrom 2 Wege offen: der eine geht durch den Rheostaten, der andere durch die Leitungsschnüre und den menschlichen Körper. Da nun bei verzweigten Strömen die Stromstärken in den einzelnen Zweigen sich umgekehrt verhalten wie die Widerstände in denselben, so muss die Intensität des durch den Rheostaten gehenden Stromzweiges um so geringer und dem entsprechend die Intensität des durch den Körper gehenden Stromzweiges um so grösser sein, je grösser die Widerstände im Rheostaten sind. Mit anderen Worten: Grossen Widerstandszahlen am Rheostaten entsprechen hohe Stromstärken im Körper; bei niederen Widerstandszahlen am Rheostaten gehen Ströme von geringer Stärke durch den Körper des Patienten.

Innerer Bau des Rheostaten. Unter jedem mit einer Zahl versehenen Metallblöckchen befindet sich eine Rolle von übersponnenem Neusilberdraht, dessen Länge genau den auf dem Blöckchen verzeichneten Widerstand nach Siemens-Widerstandseinheiten repräsentirt. Die Mittelstücke M, M, und M,, sind Messingplatten mit halbkreisförmigen Ausschnitten zur Aufnahme des Stöpsels, welcher das betreffende Blöckchen mit dem Mittelstück und dadurch mit dem ableitenden Stücke c, e oder g in leitende Verbindung setzen soll.

Werden die 3 Stöpsel in die Blöcke b, d und f eingesetzt, so besteht gar kein Widerstand im Rheostaten, der Strom geht dann von der Klemme K (Fig. 11) durch den Draht a nach b (Fig. 13), von hier durch Vermittlung des Stöpsels nach M und durch c nach d, von hier durch Vermittlung des Stöpsels nach M, und e; von hier nach f

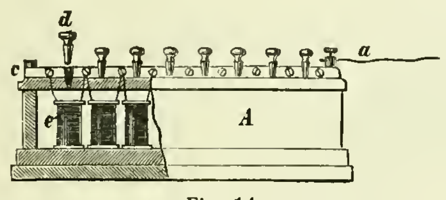


Fig. 14.

und durch den Stöpsel nach M,, g und durch den Draht h nach Z am Tableau. Die Kette ist also in sich geschlossen, und da im Rheostaten gar kein Widerstand besteht, so geht die ganze Stromstärke durch diesen und Nichts vom Strom durch den in die Hauptschliessung eingeschalteten Körper.

Setzt man die Stöpsel etwa bei 3, 30 und 300 ein, so muss der von K durch a kommende Strom von b aus durch die Widerstände 1, 2 und 3 nach M und durch c nach d, von hier durch die Widerstandsdrähte 10, 20, 30 nach M,, e, f und von hier durch die Widerstände 100, 200 und 300 nach M,, g und durch h nach Z. Es sind jetzt also 333 Siemens'sche Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung eingeschaltet und dem entsprechend geht ein grosser Theil des Stroms durch die Hauptschliessung, d. h. durch den Körper.

Setzt man endlich vielleicht die Stöpsel bei 10, 100 und 1000 ein, so sind 1110 S.-Widerstandseinheiten eingeschaltet. Dieser Widerstand ist sehr beträchtlich grösser als der Widerstand, den der in der Hauptleitung eingeschaltete Körpertheil bietet, somit geht nur ein kleinster Theil des Stroms durch den Rheostaten, während die grösste Intensität durch den Körpertheil geht. Der ganze Strom endlich geht durch den Körpertheil, wenn aus einem der 3 Hauptkreise I, II oder III der Stöpsel ganz herausgenommen wird, weil in diesem Fall die Leitung im Rheostaten vollständig unterbrochen ist und nun für die Abgleichung des Stroms nur die Hauptschliessung, d. i. der menschliche Körper, übrig bleibt.

Die Stöpselvorrichtung ist, wie erwähnt, als unhandlich für den ärztlichen Gebrauch ausser Gebrauch gekommen und dafür die

Kurbelvorrichtung aufgenommen. Der Kurbelcontact besitzt eine vorschleifende Feder, so dass derselbe das zweite Blöckchen schon berührt, ehe er das erste ganz verlässt u. s. w. Durch diese Einrichtung ist jede Unterbrechung des Stroms beim Ein- oder Ausschalten von Rheostatwiderständen unmöglich gemacht.

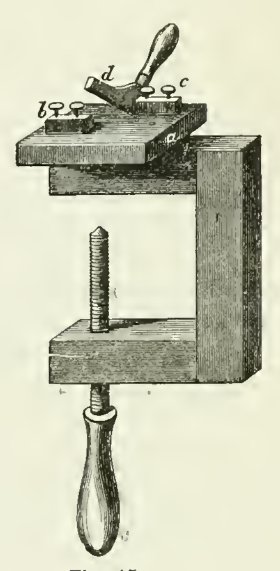


Fig. 15.

Die einbuchsigen Rheostaten, welche Krüger für meine Tableaux im klinischen Institute zu München geliefert hat, sind für die praktische Anwendung deshalb so zweckmässig, weil man alle Widerstandsgrössen mit einer Kurbel beherrscht.

Die übrigen Modificationen des ursprünglichen Remak'schen Tableaus von Brenner, z. B. die Einführung des Spiralrheotoms und des selbstthätigen Unterbrechers sind unnöthig und machen den Apparat nur kostspielig.

Es genügt für den Specialisten vollständig, wenn er auf dem Tableau folgende Vorrichtungen beisammen hat: den Stromwähler für die einzelnen Elemente der Batterie, den Inductionsapparat, den Commutator, den Rheostaten, das Galvanometer und endlich die für die Einschaltung aller dieser Einzelapparate nöthigen Stöpselvorrichtungen.

Geradezu unentbehrlich beim Gebrauch des absoluten Galvanometers ist der Dubois'sche Schlüssel (Fig. 15). Derselbe dient zum temporären Einschalten des Galvanometers bei Erregbarkeitsprüfungen und kann, so handlich und bequem wie er ist, vorläufig durch keine andere Vorrichtung ersetzt werden.

Auf der Hartkautschukplatte des an das Tableau angeschraubten Instrumentes befinden sich zwei Messingblöcke b und c, welche je 2 Klemmschrauben enthalten. Der bewegliche Messinghebel d kann die beiden Messingblöcke und damit die in ihre Klemmschrauben eingelegten Drähte in leitende Verbindung setzen und ebenso diese Verbindung aufheben. Die Leitungsdrähte der Batterie und des Galvanometers werden nun so in die Klötze eingelegt, dass der Strom nur bei

geöffnetem Hebel durch das Galvanometer geht, während das letztere bei niedergedrücktem Hebel ausgeschaltet ist.

Bei Erregbarkeitsprüfungen bleibt das Galvanometer ausgeschaltet, bis das Zuckungsminimum festgestellt ist und wird dann der Schlüssel nur für so viele Secunden geöffnet, als nöthig sind, um die Nadelablenkung abzulesen.

Der Schlüssel wird so an das Tableau angeschraubt, dass er für die Hand, welche die Kurbel des Rheostaten dirigirt, leicht erreichbar ist, also am besten neben dem Letzteren. Auch verhütet die Fixation der Leitungsdrähte des Galvanometers und der Batterie, dass das erstere beim Hantieren mit den Elektroden heruntergerissen wird.

Die Form des Tableaus zu bestimmen liegt in der Hand des Bestellers: der Fabrikant lässt die Apparate je nach Form und Grösse der Platte verschieden anfertigen.

Ich besitze 2 Tableaux von Hirschmann und 2 von Krüger. Die letzteren haben nach einer Münchener kunstgewerblichen Zeich-

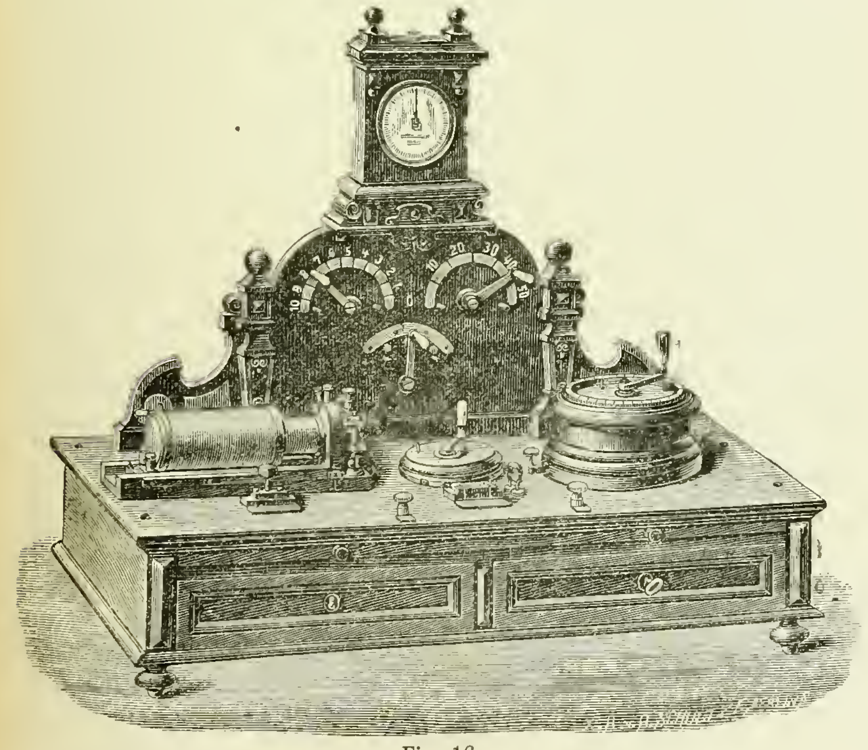


Fig. 16.

nung eine sehr gefällige Form und sind dadurch sehr praktisch, dass sie eine geringe Tiefe besitzen, in Folge dessen man, während man am Kranken mit einer Hand hantirt, mit der anderen Hand alle Theile des Tableaus erreichen kann, ohne die gesammte Körperstellung zu verändern. Dieser Umstand sowie die geschmackvolle Form des Tableaus veranlassen mich, von demselben eine Abbildung zu geben (Fig. 16). Die Zeichnung nimmt das auf besonderem Consoltische aufgestellte absolute Galvanometer Edelmann's nicht mit auf.

Die transportablen Batterien.

So zweckmässig auch die stabilen Tableaux sind, so muss man doch zugestehen, dass dieselben ausschliesslich für Krankenanstalten und Specialisten bestimmt sind. Der praktische Arzt kann sich nicht Apparate anschaffen, welche neben einem exorbitant hohen Preise noch die Eigenschaft der Untransportabilität besitzen.

Die Transportabilität der Apparate ist eine Forderung, welche der praktische Arzt vor Allem an die Technik stellen muss. Denn nur dadurch wird es ihm bei den gewöhnlich beschränkten Verhältnissen möglich, den galvanischen wie den inducirten Strom bei allen Affectionen anzuwenden, bei denen er indicirt ist. Bewegt sich die ärztliche Praxis in grösseren Verhältnissen, so ist die Anschaffung eines Apparates durch den Patienten selbst ein Auskunftsmittel, welches sich sehr empfiehlt. Es handelt sich in solchen Fällen, wo die Kranken das Haus resp. das Bett nicht verlassen können, doch meist um langwierige Affectionen, welche eine monate-, ja selbst jahrelange Anwendung des Stroms nöthig machen. Hier rentirt sich nicht nur für den Patienten die Anschaffung eines eigenen Apparates, sondern sie bringt auch die Annehmlichkeit mit sich, dass der Patient selbst oder dessen Angehörige die Application des Stroms nach gehöriger Instruction vornehmen können und dass dies, wenn nöthig, mehrmals am Tage geschehen kann, was, wie ich später ausführen werde, sich bei manchen Nervenleiden, z. B. bei Neuralgien empfiehlt.

Es ist also die Aufgabe der medicinischen Elektrotechnik Apparate zu construiren, welche eine galvanische Batterie von genügender Stärke enthalten und doch nicht einen solchen Umfang und eine solche Schwere haben, dass ihr Transport auf Schwierigkeiten stösst.

Die Versuche, die ich vor Jahren im Verein mit einigen Mechanikern anstellte, eine transportable Siemens-Batterie herzustellen, haben unbefriedigende Resultate ergeben, sodass dieselben aufgegeben wurden.

Man kommt doch immer wieder auf die Elemente zurück, welche grosse elektromotorische Kraft mit geringem Volumen vereinigen und das sind die Bunsen'schen Zink-Kohle-Elemente.

Auf die Grösse der einzelnen Elemente kommt es bekanntlich bei Batterien für medicinische Zwecke nicht an, da der sog. ausserwesentliche Widerstand, d. i. der Widerstand des eingeschalteten menschlichen Körpers ein sehr grosser ist. Vielmehr ist die Zahl der Elemente für die Stromstärke massgebend, wobei die Grösse derselben eine geringe sein kann.

Die Stöhrer'schen und Grenet-Spamer'schen Zink-Kohle-Elemente entsprechen vorläufig dem ärztlichen Bedürfniss am meisten, da sie relativ wenig Raum einnehmen und bei vorsichtigem Gebrauch und Schonung der Elemente eine relativ gute Constanz zeigen. Allerdings muss hier hervorgehoben werden, dass sie in Bezug auf Constanz den Siemens'schen Elementen nicht entfernt gleich kommen.

Wohl der verbreitetste und handlichste Apparat der Art, zugleich auch der Urtypus für alle nachfolgenden, ist die transportable Batterie von Stöhrer.

Dieser Apparat hatte ursprünglich eine andere Form, wie die Beschreibungen in den früheren Auflagen dieses Werkchens zeigen. Durch eine Reihe von Verbesserungen ist er allmälig zu dem geworden, was er nun ist. Zu wünschen lässt er auch noch übrig, so besonders die leicht eintretende Berührung der Kohle- und Zinkplatten von Nachbarelementen, die Leichtzerbrechlichkeit der Platten etc. Allein Alles in Allem erfüllt er seinen Zweck. Die Füllung ist einfach: Zink und Kohle stehen in einer Flüssigkeit[1]), welche mit dem Kasten aus Hartgummi gegen die Elemente mehr oder weniger gehoben werden kann.

Wer Inductionsapparat und constante Batterie getrennt haben

---

[1]) Die Füllungsflüssigkeit besteht aus 1 Volumtheil chemisch reiner Schwefelsäure auf 8—10 Volumtheile Wasser; die Mischung werde sehr vorsichtig und langsam vorgenommen. In jede Hartgummizelle wird vor dem Eingiessen der Flüssigkeit eine Prise schwefelsaures Quecksilberoxyd geschüttet, wodurch die Constanz des Elements etwas erhöht, besonders aber das Quecksilberamalgam auf der Zinkplatte conservirt wird.

will, kann sich je nach Bedarf eine kleinere (20 Elem.) oder grössere Handbatterie (30 Elem.) von Stöhrer anschaffen und sich daneben einen Spamer-Hirschmann'schen oder Krüger'schen Inductionsapparat halten.

Stöhrer liefert aber auch sehr schöne Doppelapparate, in denen der Inductionsapparat neben der Batterie angebracht ist, und zwar auch diese in 2 Grössen: 1) Batterie von 20 Elem., Inductionsapparat mit 1 Elem.; 2) Batterie von 30 Elem., Inductionsapparat mit 2 Elementen (Fig. 17).

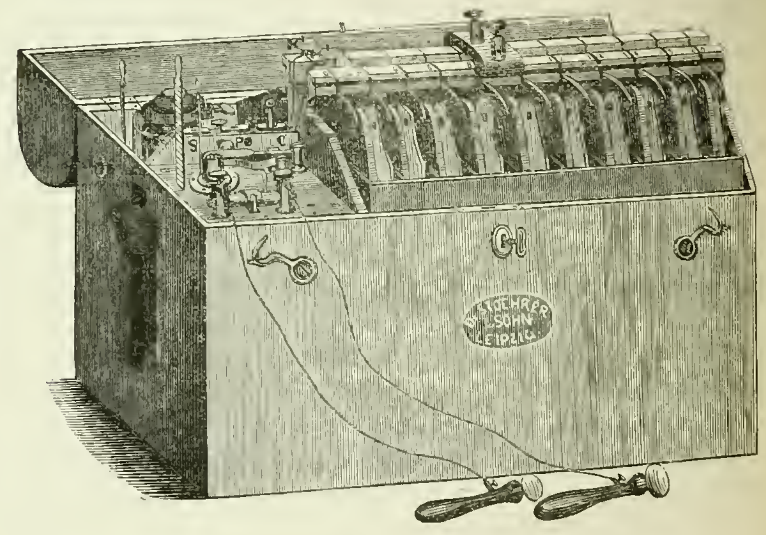


Fig. 17.

Ausser der Stöhrer'schen Batterie sind als zweckmässig noch zu nennen: die Batterien von Spamer, von Krüger und von Hirschmann in Berlin und von Katsch in München.

Spamer's Grenet-Batterien (Fig. 18) arbeiten dadurch sehr sparsam, dass die Zinktheile nur mit einer geringsten, gerade zur Stromerzeugung nöthigen Oberfläche eintauchen und dass andererseits jede der drei Abtheilungen, welche je 10 Elemente enthält, einzeln in Benutzung gezogen werden kann.

Auch die neueste Hirschmann'sche Zinkkohle-Tauchbatterie mit Stromwähler, Galvanometer und Commutator arbeitet im selben Sinne sparsam, indem die einzelnen Zinkstäbe mittelst einer patentirten

Schraubenvorrichtung höher oder niedriger zur Tauchflüssigkeit gestellt werden können (s. Fig. 19).

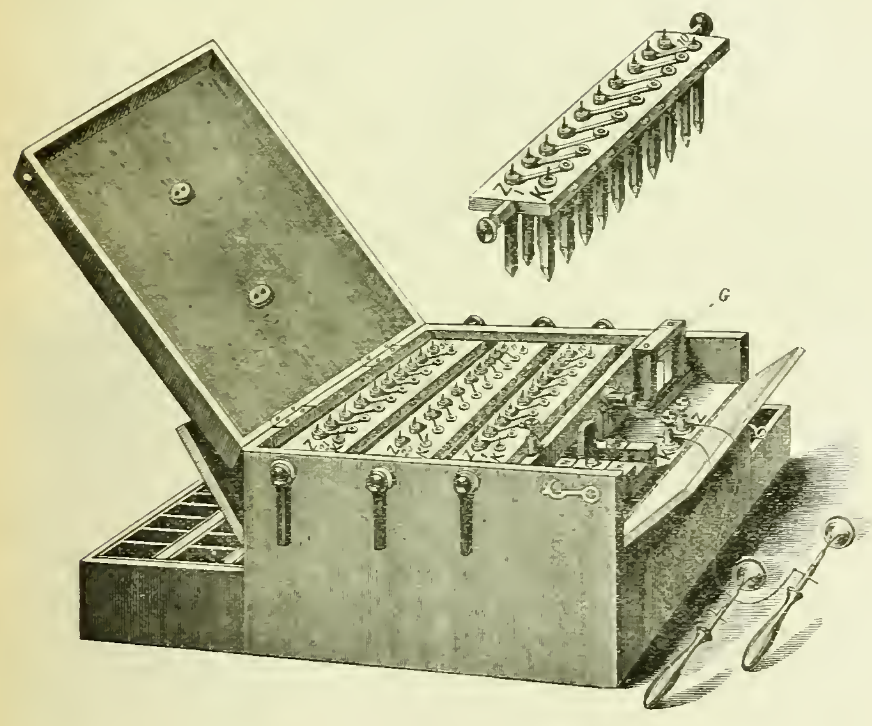


Fig. 18.

Sehr hübsch und brauchbar ist auch die Einrichtung der grösseren Zinkkohle-Tauchapparate von Katsch in München (Fig. 20). Die Hebung der Hartgummikästen mit der Flüssigkeit geschieht mittelst einer sinnreichen Vorrichtung durch das stärkere oder schwächere Zurücklegen des Deckels. Der Apparat gestattet also die Elemente nur gerade bis zur Stromentstehung in die Flüssigkeit einzutauchen. Der Stromwähler ist mit Kurbelvorrichtung versehen.

Die kleinen Zinkkohle-Tauchapparate ohne Kasten, welche die Grösse sehr grosser Reagensgläser haben und zu 20 und 30 Elem. abgegeben werden, empfehlen sich durch relative Billigkeit (s. Fig. 21).

Zur Füllungsflüssigkeit dient eine Lösung von 8,0 chromsaurem Kalium auf 100 g Wasser. Dazu wird 10,0 Schwefelsäure (langsam und vorsichtig!) und zum Schluss noch 1 g schwefelsaures Quecksilberoxyd zugesetzt.

Der Strom ist kräftig, wenn auch nicht grade constant, die Stromwählung wird durch einen Stromwähler oder einen gegabelten hohlen Doppelstöpsel bewirkt.

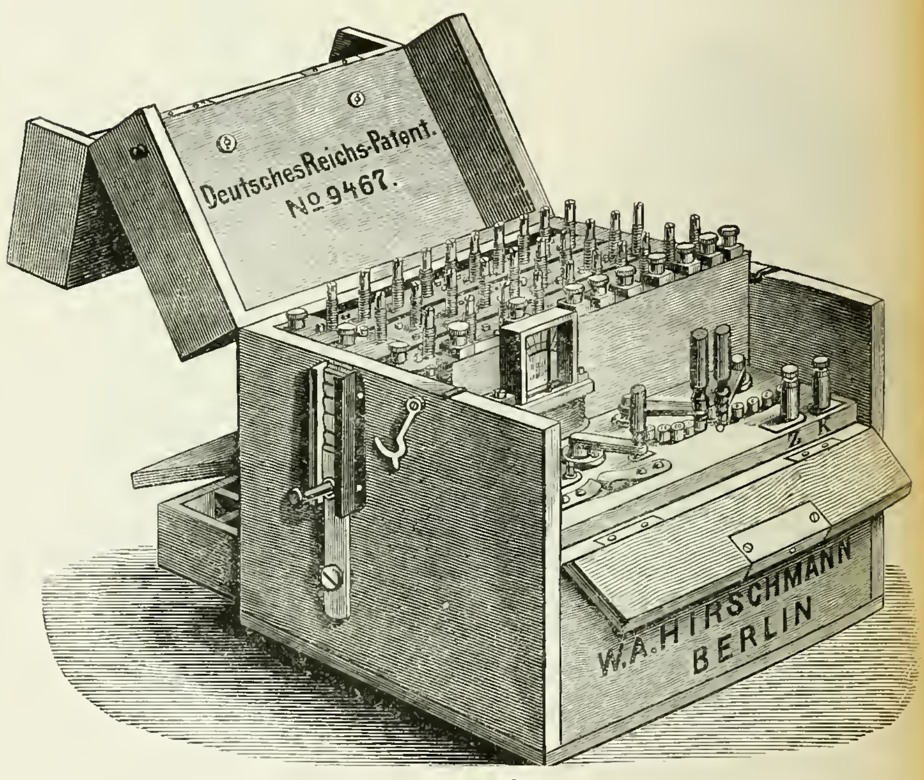


Fig. 19.

Diese Apparate empfehlen sich zur Anschaffung Seitens wenig begüterter Aerzte oder Patienten.

Ausser den bisher beschriebenen sind noch eine Anzahl anders construirter Ketten für den ärztlichen Gebrauch verwendet.

Die Beetz'sche leicht transportable Batterie, welche die Dauerhaftigkeit und Kraft der Leclanché-Elemente mit dem geringen Volumen und der Leichtigkeit der Pincus'schen vereinigen sollte, besteht aus einer Reihe von starken Reagensgläsern, in welche von unten her ein Platindraht eingeschmolzen ist, von oben her ein Zinkstab durch einen Gummikork hindurch in eine concentrirte Salmiak-

Fig. 20.

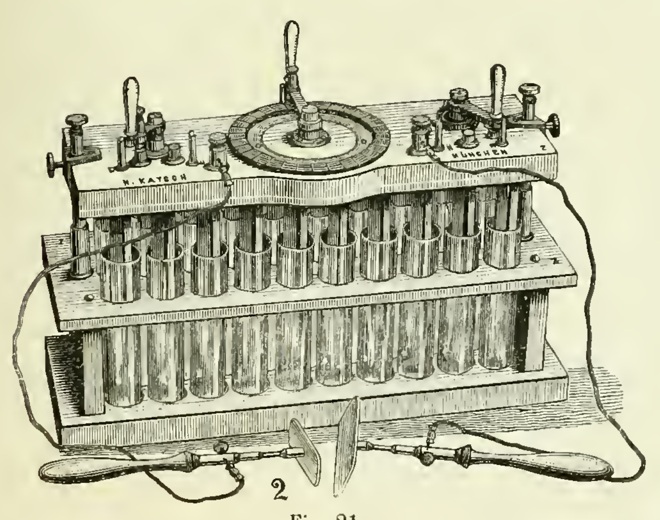


Fig. 21.

lösung eintaucht, in welcher sich auf dem Grunde ein Gemisch von Braunstein- und Retortenkohle-Bröckchen befindet.

Die elektro-motorische Kraft der Elemente ist nach den Bestim-

mungen des Prof. von Beetz eine relativ grosse, nämlich = 1,4, wenn 1 Daniell = 1 gesetzt wird. Die 24paarige Säule würde also eine Kraft von ca. 34 Daniell's-Elementen haben. Nun reicht das allerdings nicht für alle Zwecke aus und es müsste deshalb die Batterie vergrössert werden, wodurch aber der Preis dann in Summa doch zu hoch wird. Ich glaube, dass der hohe Preis der Batterie das Eindringen in die ärztliche Praxis verhindert hat.

Die Smee'sche Kette, bestehend aus Zink- und platinirten Silberplatten, welche ohne Diaphragma in eine und dieselbe Flüssigkeit (verdünnte Schwefelsäure) eintauchen, ist vielfach in Gebrauch. Benedikt[1]) hat die Silberplatten zur Verhütung der Verbiegungen und der Berührung des Zinks in einen Bogen von Hartkautschuck gesteckt und die Flüssigkeit aufnehmenden Hartkautschuck-Becher zum Heben eingerichtet. Foveaux (Firma Weiss & Co., London) construirte eine portative Smee'sche Batterie von 50 Elementen, welche Tibbits als ausgezeichnet wirksam und zweckmässig rühmt[2]).

Beard und Rockwell[3]) benutzen ausser einer Stöhrer'schen Zinkkohlenbatterie eine transportable Smee'sche Batterie von 60 Elementen aus der Fabrik von Kidder in New-York, welche sie an der angegebenen Stelle beschreiben und abbilden.

Frommhold[4]) benutzt statt der platinirten Silberplatten mit Platinmoor überzogene Bleiplatten, welche mittelst Tauchvorrichtung in verdünnte Schwefelsäure herabgelassen werden. Nicht nur Frommhold sondern auch v. Bruns[5]), bei dem ich Gelegenheit hatte die Batterie zu sehen, rühmt dieselbe als kräftig und dauernd in ihrer Wirkung. Der hohe Preis sowie die Intransportabilität steht ihrer weiteren Verbreitung im Wege. In Hinsicht der Constanz des Stromes kann sie sich mit der Siemens-Daniell'schen Batterie selbstverständlich nicht messen.

Erwähnung verdient endlich noch die Muirhead'sche Modification der Daniell'schen Batterie, wie sie auf den Telegraphenstationen Grossbrittanniens in Gebrauch ist und von Mechaniker Becker

---

[1]) l. c. S. 10.

[2]) H. Tibbits, Localized Electrization by Duchenne. London 1871. p. 67.

[3]) A practical treatise on the med. and surg. uses of Electricity. New-York 1871. S. 135.

[4]) Der constante galvanische Strom, modificirbar in seinem Intensitäts- und Quantitätswerth. Pest 1866/67. S. 25.

[5]) Galvano-Chirurgie. Tübingen 1870. S. 113.

(Firma: Elliot Brothers) auch für elektrotherapeutische Zwecke adaptirt wurde[1]). So befindet sich im National hospital for the Paralysed and Epileptic eine solche Batterie von 100 Paaren, von denen Leitungsdrähte durch das ganze Gebäude in alle Krankenzimmer geleitet sind. Auch Althaus[2]) bedient sich einer solchen in seinem Hause. Transportabel sind sie selbstverständlich nicht. Die Kupferplatte befindet sich umspült von concentrirter Kupfervitriollösung in einer Thonzelle, welche in ein Porzellangefäss voll reinen Wassers, in welches auch die nicht amalgamirte Zinkplatte eingehängt ist, gestellt wird. Die Ströme sind schwach, aber constant. Alle 2 Monate müssen alle Theile gereinigt werden, und ferner alle 18 Monate neue Zinkplatten eingehängt werden. Zur Messung der Stromstärke ist von Becker eine Tangentenboussole angebracht, durch deren Einschaltung man sich von Zeit zu Zeit von dem rascheren oder langsameren Sinken des Stromes überzeugen kann.

Methoden der Polbestimmung.

An den Apparaten sind die Pole von den Fabrikanten meistentheils bezeichnet (der positive mit K oder +, der negative mit Z oder —[3])). Trotzdem ist es rathsam, dass sich der Arzt in den Methoden der Polbestimmung übt. Einmal ist es nicht ausgeschlossen, dass der Fabrikant die Pole irrthümlich angegeben hat. Andererseits aber kommt man doch häufig genug in die Lage, bei Reparaturen oder Reinigungen der Elemente, Neuaufstellung der gesammten Batterie u. s. w., sich von der Richtigkeit der Leitungen zu überzeugen.

Nichts ist einfacher als die Bestimmung der Pole an einer Batterie oder einem Tableau. Die Elektrolyse des Jodkaliums in einem Amylumdecoct ist das Bekannteste und jederzeit leicht und schnell auszuführende Verfahren. Man setzt einer Jodkaliumlösung von gewöhnlicher (arzneilicher) Stärke in einem Reagensglase etwas Amylum zu und erhitzt bis zum einmaligen Aufkochen. Man giesst dann die

---

[1]) cf. Tibbits-Duchenne. S. 57.

[2]) A treatise on medical electrity. London 1870. p. 307 ff.

[3]) Die Stellung des Commutators zu den Polbezeichnungen ist auf den Tableaux herkömmlich mit N (normal) und W (Wechsel) bezeichnet, d. h. wenn die Kurbel des Commutators auf N steht, so ist die Bezeichnung + und — oder K und Z an den Polklemmen richtig. Steht dagegen die Kurbel auf W, so stehen die Pole umgekehrt.

Flüssigkeit auf eine Glasplatte oder starkes Papier aus und senkt die Poldrähte der Leitungsschnüre in die Flüssigkeit ein. Im Moment des Kettenschlusses wird am positiven Pol durch die Elektrolyse des Jodkaliums das Jod frei und färbt das Amylum tiefblau. Wendet man den Strom, so zeigt sich die Blaufärbung am anderen Poldraht.

Auch die Einleitung des Stroms auf mit Glaubersalzlösung befeuchtetes blaues und rothes Lakmuspapier oder Lakmusgipsplättchen giebt Aufschluss, insofern sich am positiven Pol die Säure, am negativen das Alkali ausscheidet und die betreffende Lakmusreaction hervorruft.

Hat man weder Jodkaliumlösung noch Lakmuspapier zur Hand, so genügt am Ende auch einfaches Einleiten des Stroms mittelst der Poldrähte in Wasser. Am negativen Pole findet dann eine sehr lebhafte Gasentwicklung statt (durch die Elektrolyse des Wassers wird hier der Wasserstoff abgeschieden), während die Sauerstoffabscheidung am positiven Pole äusserst geringfügige Gasentwicklung bewirkt.

Die Polbestimmung am Inductionsapparate ist complicirter. Der Strom der inneren Rolle hat bekanntlich immer die gleiche Richtung (selbstverständlich bei unveränderlicher Einfügung der Elemente), während die Richtung der Ströme aus der äusseren Rolle fortwährend wechselt. In letzterer Beziehung ist für die physiologische Wirkung die Richtung des Oeffnungsstroms massgebend, da der letztere wegen seines schnellen Ablaufes stärker reizt als der Schliessungsstrom. Da nun der negative Pol wiederum stärkere physiologische Effecte auslöst, als der positive, so ist zu ermitteln, wo der negative Pol des Oeffnungsinductionsstroms am Apparate sich befindet. Zu diesem Zweck schliesst man den primären Strom im Apparate und senkt die Poldrähte der äusseren Rolle in eine Jodkaliumstärkeabkochung, wie oben. Oeffnet man nun den Strom der inneren Rolle, so erscheint am positiven Pol Jodbläuung. Soll diese Bestimmung dauernde Gültigkeit haben, so müssen die Pole der Leclanché-Elemente immer an derselben Stelle am Apparat eingeklemmt werden, am besten ein für alle Mal so wie oben (S. 154) angegeben ist.

Wem dieses Verfahren nicht gelingt oder zu umständlich ist, der kann ebenso sicher an der stärkeren physiologischen Wirkung des einen Pols auf Sensibilität und Motilität denselben als den negativen erkennen. Man kann hierbei zur eigenen Controle trockene (Pinsel-) und feuchte Elektroden, schwache und starke Ströme nach einander

anwenden. Die feinste Reaction giebt am eigenen Körper die Prüfung beider Pole in der Gesichtshaut oder auf der Zungenspitze.

Das absolute Galvanometer.

Dieses Instrument stellt den wichtigsten Fortschritt der medicinischen Elektrotechnik dar und bedarf deshalb einer gesonderten und eingehenden Besprechung.

Der internationale Congress der Elektriker in Paris im Jahre 1881 hat auf Anregung französischer Elektriker endlich eine internationale elektrische Einheit präcisirt und damit einem längst gefühlten Bedürfniss der Elektrotechnik abgeholfen.

Die absolute Maasseinheit (der Begriff „von Null bis Eins") für die Stromstärke nennt man nun „Ein Ampère" (statt früher „Ein Weber") und die medicinische Elektricität rechnet bei der relativ geringen Intensität der bei ihr zur Anwendung kommenden Ströme nur mit Milliampères[1]).

Was Construction und Aichung der absoluten Galvanometer anlangt, so sind schon vor dem internationalen Congress der Elektriker von verschiedenen Mechanikern (Thistleton, Edelmann, sowie Gaiffe) solche nach Milliweber hergestellt.

Nach Milliampère hat in Deutschland, soviel ich weiss, Dr. Edelmann in München die ersten absoluten Galvanometer construirt und zwar im Winter 1881/1882. Nach meinen Wünschen und unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der praktischen Medicin hat Edelmann sein Horizontalgalvanometer in 2 Grössen und Formen construirt, welche beide für den ärztlichen Gebrauch bestimmt und geeignet sind.

Das Horizontalgalvanometer ist genau genommen nur für den Ort richtig, an dem es geaicht ist, da die horizontale Intensität des Erdmagnetismus eine verschiedene ist. Die Differenz ist aber einerseits eine sehr geringe, andererseits ist sie durch Rechnung leicht zu ermitteln und bei der Aichung zu berücksichtigen. Die zeitliche Schwankung resp. die Jahreszunahme der Intensität des Erdmagnetismus ist so geringfügig, dass sie für unsern Zweck ohne Bedenken vernachlässigt werden kann.

---

[1]) Ich ziehe diese Schreibweise aus Gründen der Zweckmässigkeit und Einfachheit der umständlicheren Schreibweise Milli-Ampère vor.

Verticalgalvanometer sind für den ärztlichen Gebrauch ohne Zweifel bequemer als Horizontalgalvanometer, da die Ablesung der Ausschläge möglich ist, ohne dass man die Körperstellung verändert. Dafür leidet aber das Inclinationsgalvanometer an dem Mangel einer mathematischen Grundformel für die Grösse der Ablenkungen, wie sie die Tangentenboussole besitzt, und seine Graduirung beruht deshalb mehr auf approximativer Abschätzung, als auf Berechnung.

Die neuerdings construirten Verticalgalvanometer von Böttcher-Stöhrer in Leipzig sowie von Hirschmann in Berlin[1]) werden von Manchen gerühmt. Insbesondere hält C. W. Müller das astatische Verticalgalvanometer von Hirschmann für das weitaus beste und dem Edelmann'schen überlegene Instrument, da sich die Ablenkungen der Nadel, wenn das Instrument in der neutralen Ostweststellung graduirt und so auch beim Gebrauch aufgestellt wird, allerorts nahezu unabhängig vom Erdmagnetismus zeigen.

Ich habe bisher nicht Gelegenheit gehabt, die Instrumente von Stöhrer und Hirschmann zu erproben, habe also kein Urtheil über ihre Genauigkeit und Brauchbarkeit. Dagegen kann ich die Edelmann'schen absoluten Galvanometer, deren Leistungsfähigkeit von mir und Dr. Stintzing während der letzten 4 Jahre im täglichen Gebrauche erprobt sind, nur auf das Dringendste empfehlen und verweise auf die eingehende Würdigung der Vorzüge dieser Instrumente durch Stintzing[2]). Ich muss mich hier begnügen, eine kurze Beschreibung des grösseren und kleineren Horizontalgalvanometers zu gaben und derselben einige Angaben über das neueste Instrument Edelmann's mit verticalstehender Scala anzufügen.

Das **grössere Galvanometer** hat eine Höhe von 10 cm und einen Durchmesser von 12 cm. Die Nadel N ist ein vertikal stehender, hohler, nach zwei gegenüberliegenden Mantellinien aufgeschnittener Stahlcylinder (Siemens'scher Glockenmagnet). Die beiden Magnetpole desselben befinden

---

[1]) Vergl. auch Ziemssen, Edelmann's absolutes Einheits-Galvanometer. D. Arch. f. klin. Med. XXX. S. 589. 1882. — Stintzing, Die Elektromedicin auf der internationalen Elektricitäts-Ausstellung in München im Jahre 1882. — Bernhardt, Sitzungsber. der Gesellsch. f. Psychiatrie und Nervenkrankh. vom 9. April 1883. — E. Remak, Neurologisches Centralblatt. 1883. No. 2. — C. W. Müller, Zur Einleitung in die Elektrotherapie. Wiesbaden 1885.

[2]) Stintzing, Die elektrodiagnostischen Grenzwerthe. D. Archiv f. klin. Med. 1886. Bd. XXXIX

sich an seinem unteren Rande. Diese eigenthümlich geformte Magnetnadel ist vermittelst eines etwa 8 cm langen, aus vier einfachen Coconfäden gebildeten Suspensionsfadens im Innern der Suspensionsröhre S aufgehängt und schwingt zum Zweck der Dämpfung ihrer Bewegung in einer cylindrisch ausgebohrten dicken Kupferrolle D.

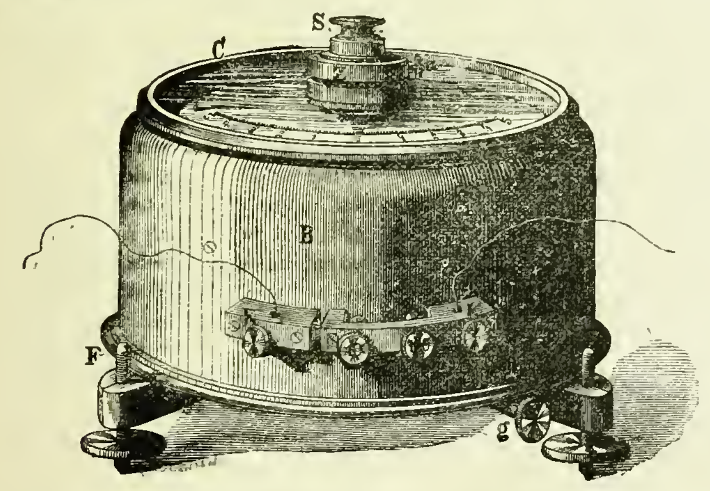


Fig. 22.

Unter diesen günstigen Verhältnissen nimmt die Nadel nahezu schwingungslos jede Stellung ein, welche vermittelst des Aluminiumzeigers z auf der Theilung t abgelesen wird, die am Boden einer kreisförmigen (mit einer Glasplatte abgedeckten) Dose K sich befindet. Die Suspensionsröhre S, in deren oberstes Ende ein Knopf A mit einer daran befindlichen Oese eingeschraubt ist, wo der Coconfaden eingebunden ist, kann innerhalb der Fassung g (einem cylindrisch ausgebohrten Messingstücke, das vermittelst der Muttern h in Mitten der Glasplatte g angebracht ist) hoch und niedrig verschoben werden kann. Die Länge der Suspensionsröhre und des Fadens sind so abgemessen, dass dann, wenn die Suspensionsröhre so weit als möglich in die Höhe gezogen und mit der Schraube F festfestgehalten wird, die Nadel N frei schwingt. Soll das Galvanometer transportirt werden, dann befestigt man die Suspensionsröhre, nachdem sie soweit als möglich hineingeschoben ist. Dann steht die Nadel N auf dem Boden der Ausbohrung des Kupferdämpfers D und wird in dieser Lage durch den unteren Rand der Suspensionsröhre niedergehalten, welche auf die Oberseite des Zeigers Z drücken. Hierdurch ist der Coconfaden vor dem Abreissen geschützt. Hier dürfte der Platz sein, anzugeben, wie man auf leichte Weise einen neuen Suspensionsfaden, wenn derselbe je einmal abreissen sollte, einknüpft. Man schraubt den Ueberfangring r der Dose K ab, so dass man die Glasplatte g abheben kann. Schraube f wird gelöst, die Suspensionsröhre S nach unten aus der Fassung g genommen und der Knopf A von ihr abgeschraubt. Dann wird ein Coconfaden dreifach zusammengelegt und durch Verknüpfen von 2 zu 2 cm der Länge dafür gesorgt, dass die Fäden parallel

und gleich gespannt bleiben. Nuumehr bindet man dieses Bündel in die beiden Oesen in erforderlicher Länge ein. Diese findet man leicht, wenn man zwischon den Knopf A und die Nadel N die Suspensionsröhre legt. Hierauf wird die Fadenöse aus der Nadel N geschraubt, dieselbe von oben durch die Suspensionsröhre fallen gelassen, Knopf A aufgeschraubt, quer durch das Loch a der Suspensionsröhre und die Oese ein Stift geschoben und die Nadol wieder an die Oese geschraubt. Jotzt setzt man die an der vertical zu haltendon Suspensionsröhre hängende Nadel in den Dämpfer D ein, stülpt endlich die Glasplatte über die Suspensionsröhre, wobei dieselbe in don Rand der Dose K zu liegen kommt und bofestigt sio wieder mit dem Ueberfangringe r.

Die Nadel N liegt zwischen zwei Galvanometerrollen, von denen wegen des Halbdurchschnittes, wie ihn Fig. 23 darstellt, nur eine bei R sichtbar wird. Die Windungen sind mit feinem Draht hergestellt und zwar in der Anzahl von 12000 boi Instrumenten, welche speciell für feine elektrodiagnostische Untersuchungen, mit etwa 3000 bei den sog. Einheitsgalvanometern, welche mehr für elektrotherapeutische Zwecke dienen sollen.

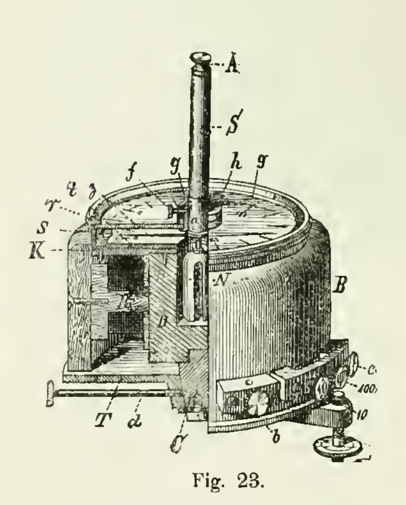


Fig. 23.

Der bisher geschilderte obere Theil des Instrumentes ist mit einer hölzernen Büchse B umschlossen, in deren Höhlung noch einige aus Neusilberdraht hergestollte Widerstandsrollen geborgen sind und lässt sich wegen der Einstellung des Zeigers auf Null vermittels des Conus C in der mit 3 Stellschrauben versehenen Fussplatte T drehen und mit Schraube d feststellen. An dem unteren Rando von B sind noch die beiden stromzuführenden Klemmschrauben b und c angebracht, sowie ein von c sich fortsetzender Bügel, welcher die mit 10 und 100 bezeichneten Kopfschräuben aufnimmt. Leitet man einen Strom in b und c ein, während die Schrauben 10 und 100 zurückgeschraubt sind, so geht der Strom nur durch die Galvanometerrollen und das Instrument zeigt seine höchste Empfindlichkeit, welche beim elektrodiagnostischen Instrumente für oin Milliampère etwa 60^0 Ausschlag ($^1/_{10}$ und $^1/_{100}$ Milliampère auf der Theilung direkt abzulesen, $^1/_{1000}$ zu schätzen), beim andern Galvanometer erst für 5 Milliampères 60^0 Ausschlag ($^1/_{10}$ Milliampère direkt, $^1/_{100}$ zu schätzen) ergibt.

Die Theilung reicht bei dem einen Instrumente bis zu 2, bei dem anderen bis zu 5 Milliampères. Um stärkere Ströme zu messen, braucht man blos eine der Schrauben 10, 100, niederzuschrauben, bis sie mit den ihnen gegenüberliegenden Lamellen in Contact gelangen. Mit diesen Lamellen beginnen nämlich zwei Widerstände, welche in b endigen und so gross sind, dass nunmehr $^1/_{10}$ resp. $^1/_{100}$ des Stroms durch die Galvanometerwindungen fliesst. Entsprechend der angewendeten Nebeneinschaltung muss nun dio Ablesung mit 10 oder 100 multiplicirt werden, um Milliampères zu erhalten. Demnach gestattet das Galvanometer die Messung

von Stromintensitäten von 0,2 Ampères herab bis zu 0,000001 resp. 0,5 bis 0,00001 Ampère (auf 3 Stellen).

Bei der Einstellung des Galvanometers wird zuerst der Suspensionsröhre S (vorsichtig!) in die Höhe gezogen, die Nadel N frei beweglich gemacht, die Rollen-

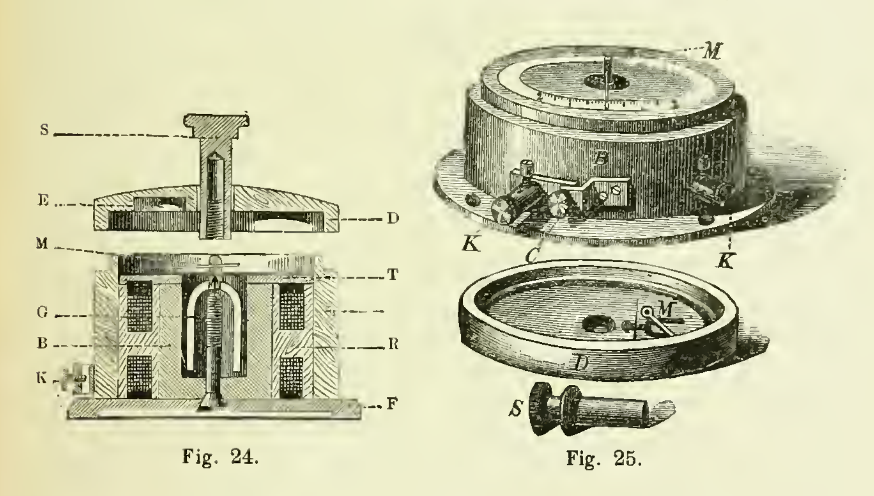


Fig. 24. Fig. 25.

axe senkrecht zur Nadelaxe gestellt (Commutation eines Stroms macht dann rechts und links gleiche Ausschläge) und der Nullpunkt der Theilung unter die Zeigerspitze verlegt.

Das elektrodiagnostische Instrument hat ohne Benutzung der Schrauben 10 und 100 genau 1000 Ohm Widerstand, zeigt also — nach dem Ohm'schen Gesetze — dann, wenn man einzelne Elemente einschaltet, deren elektromotorische Kraft direct in Volts, den für diese Kraft legalen Einheiten, an. Man braucht dann blos statt Milliampère „Volt“ zu lesen, und so dient dieses Instrument gleichzeitig auch als direkter absoluter Spannungsmesser bei Untersuchung von Elementen. Auf der Theilungsplatte jedes Instrumentes ist der Widerstand desselben in Ohm und die absolute Horizontal-Intensität des (Bestellungs-) Ortes, für welche die Aichung gemacht wurde, angezeigt.

Das Taschengalvanometer Edelmann's (Fig. 24 u. 25). Die Magnetnadel M hat Hufeisenform, oben mit einem cylindrischen Ansatze, durch welchen ein Zeiger gesteckt ist. Diese Nadel schwingt innerhalb eines Hohlcylinders B und dreht sich auf der in den Fuss F eingeschraubten Spitze G um ein Achathütchen. Auf dem Hohlcylinder B ist das Rollenpaar R aufgesteckt, welchem die beiden Klemmschrauben K und K den Strom zuführen. Der Ausschlag der Nadel wird durch den Zeiger auf einer Theilung abgelesen, welche in die Platte T über den Rollen eingravirt ist. Man liest direkt Milliampères und deren Zehntel ab, und hat das Instrument, entsprechend den elektrotherapeutischen Anforderungen einen Umfang von 0 bis 30 Milliampères. Transportirt wird das Galvanometer, nachdem die abgehobene Magnetnadel in einem Einschnitte E des Deckels D

desselben untergebracht ist, welcher vermittels der Schraube S auf dem Galvanometer befestigt wird. Die Zeichnung giebt das Instrument in der Hälfte der natürlichen Grösse wieder.

Nach unserer Erfahrung bewährt sich das Instrument von Edelmann — wir haben fast ausschliesslich mit dem grösseren gearbeitet — in der täglichen Praxis nach jeder Richtung; insbesondere ist die Dämpfung durch die Kupfermasse so vollkommen, dass von Oscillationen der Nadel nicht die Rede ist. Rathsam ist einige Vorsicht beim Aufziehen der Suspensionsröhre, weil bei ungestümem Aufziehen der Coconfaden leicht zerreisst. Auch ist bei der Aufstellung zu beachten, dass das Instrument nicht in der Nähe von Metallen, Magneten oder Elektromagneten aufgestellt werde, was bei der Empfindlichkeit des Instrumentes von Nachtheil sein könnte. Wir haben deshalb das Instrument nicht auf dem elektrischen Tableau selbst, sondern auf einem besonderen Consoltisch aufgestellt, mit Holz- und Korkstücken fixirt und mittelst Drähten und eines Dubois-schen Schlüssels mit dem Apparat und den Leitungsschnüren verbunden. Für gewöhnlich ist der Schlüssel geschlossen, das Galvanometer ausgeschaltet. Nur für den Moment der Ablesung wird der Du Bois'sche Schlüssel geöffnet und nach Ablesung sofort wieder geschlossen.

Neuerdings hat Edelmann auf Veranlassung von C. W. Müller (Wiesbaden) das Einheitsgalvanometer nach Vorbild des gleichfalls von Edelmann construirten Beetz'schen Vorlesungsgalvanometers mit verticaler Scalentrommel und verticalem Zeigerende versehen, wie aus Fig. 26 ersichtlich ist.

Das Instrument steht auf einem Dreifusse F mit Stellschrauben und baut sich über einer Messingplatte M auf, welche im Dreifusse F vermittelst Conus und Fixirungsschraube in die erforderliche Meridianstellung gebracht werden kann. Auf dieser Messingplatte ruht die aus Glasring G und Glasplatte P bestehende durchsichtige Umhüllung des Instrumentes, durch welche hindurch man die mit weissem Papier überzogene Theilungstrommel T erblickt. Im Inneren derselben sind, wie in der Holzbüchse des Einheitsgalvanometers die Windungen, die erforderlichen Widerstände für die Empfindlichkeitsverminderung des Instrumentes, ein dickwandiger kupferner Dämpfer, sowie die glockenförmige Magnetnadel untergebracht, an welch' letzterer ein sehr leichter Zeiger Z befestigt ist, dessen Ende, vertical nach abwärts gebogen, vor der Theilung T läuft. U ist eine luftabschliesschliessende Holzbüchse und S die Fadensuspension.

Die Theilung geht nach Milliampères und deren Zehnteln (bei den neueren Instrumenten bis 8 Milliampères) und ist weithin sichtbar; a und b sind die stromzuführenden Klemmschrauben; zwischen ihnen liegen die Schrauben 10, 20, 30,

durch deren Niederschrauben bis zum dahinter liegenden Contact die Empfindlichkeit des Instrumentes wie beim Einheitsgalvanometer modificirt werden kann. Ab-

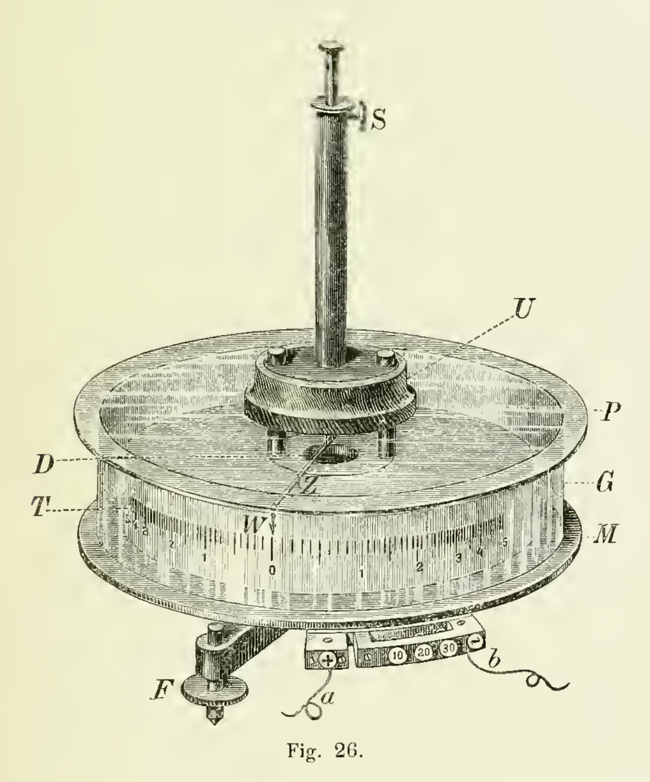


Fig. 26.

weichend von der Figur werden jetzt nicht mehr 10, 20, 30, sondern blos 10, oder 10 und 100 angebracht, so dass der Messumfang entweder bis 80 oder — was wohl nur sehr selten nothwendig — bis 800 Milliampère reicht.

Zum Schluss dieses Abschnitts noch eine Bemerkung über die elektrolytische Kraft der am Menschen zur Anwendung kommenden Ströme. Ein Strom von „Ein Ampère“ erzeugt am Voltameter nahezu einen Cubikcentimeter Knallgas in der Minute. Die Ströme der Elektrotherapeuten variiren in ihrer Stärke zwischen 0 und 60 Milliampères. Würde man Ströme von dieser Stärke mittelst Platinelektroden in verdünnte Schwefelsäure einleiten, so würde man als Product der elektrolytischen Wirkung des Stromes nur wenige Cubikmillimeter Knallgas in der Minute erhalten.

Die Nebenapparate.

Die Elektroden oder Stromgeber (Rheophoren, Excitatoren) müssen aus grossen, bequem zu fassenden Holzgriffen und kurzen, graden und unbiegsamen Messingstäben bestehen, welche in eine Schraube auslaufen. Diese dient zum Anschrauben der metallischen Contacttheile, nämlich der Knöpfe, Platten oder Balken. Sämmtliche Metalltheile, mit Ausnahme der Contactflächen, durch welche der Strom hindurchgehen soll, werden mit einem isolirenden Firniss (Goldlack) überzogen oder vernickelt.

Die Contactflächen sind nach Bedürfniss verschieden geformt. Handelt es sich darum, den Strom auf einzelne Nervenstämme oder Nervenzweige zu localisiren, so wählt man für den Inductionsstrom Elektroden mit Knöpfen von Erbsengrösse, oder Platten von Bohnen-, Kirschen-, Wallnussgrösse und darüber. Für die Galvanisirung grösserer Muskeln oder Nervengebiete sind am brauchbarsten grosse plattenförmige Contactflächen, welche einen Durchmesser von 5—20 cm haben und entweder plan oder schwach convex geformt sind.

Die Contactflächen sind polirte Messingflächen, welche vernickelt sind. Ihre Dicke sei der Art, dass man sie nach Bedarf etwas biegen kann. Ihre Grösse wechselt je nach ihrem Zwecke, worüber bei der „Elektrotherapie" Genaueres abgehandelt wird. Hier sei nur kurz bemerkt, dass das Armamentarium electricum meines klinischen Institutes Elektrodenplatten der verschiedensten Grössen hat. Die letzteren variiren von Erbsengrösse bis zu halbmeterlangen Platten. Für die Elektrisirung von Nerven und Muskeln genügen im Allgemeinen die von Erb angewendeten Grössen, für welche er folgende Maasse angiebt:

„kleinste" Elektrode = Knopf incl. Schwammüberzug 0,5—0,8 cm im Durchmesser,
„kleine" „ = „ „ „ 1,5—2 cm im Durchmesser,
„mittlere" „ = quadratische Platte von 4—5 cm Seitenlänge,
„grosse" „ = länglich viereckige Platte von 5—6 cm Breite u. 10—12 cm Länge.

Alle Contactflächen sind mit 4—5 mm dicken Lagen feuchten Leiters zu überziehen. Diese werden am Rande der Elektrodenenden,

wo Furchen oder Löcher angebracht sind, mittelst starker Fäden befestigt. Ich ziehe eine dicke Lage feinen Badeschwamms oder Filzes mit Flanell oder Parchent überzogen allen übrigen Stoffen vor. Andere empfehlen Leder, Zündschwamm, Leinwand u. A. Alle diese Substanzen saugen aber nicht genug Wasser an und conserviren es nicht lange genug. Beides ist aber im Interesse des Kranken durchaus nöthig, denn Nichts vermindert die Schmerzhaftigkeit des Elektrisirens so sehr, als ein dickes weiches Polster feuchten Leiters.

Dass die porösen Ueberzüge sowie die Umhüllungen derselben von Zeit zu Zeit erneuert werden müssen, versteht sich von selbst.

Zur Anfeuchtung der Schwämme und der Haut eignet sich für den täglichen Gebrauch am besten heisses Wasser; übrigens genügt im Nothfall auch kaltes Wasser, nur ist bei Benutzung des letzteren die Stromintensität etwas zu steigern, weil kaltes Wasser schlechter leitet, als warmes und zugleich die Hornschicht der Epidermis besonders die dicken Lagen, welche sich in den Schweisstrichtern befinden, weniger rasch durchdringt und lockert als das warme. Warmes Salzwasser würde vom physikalischen Standpunkte betrachtet dem Bedürfniss am besten entsprechen, d. h. den Leitungswiderstand am meisten herabsetzen, allein dasselbe bietet in der Praxis die Unannehmlichkeit, dass es an den berührten Haut-

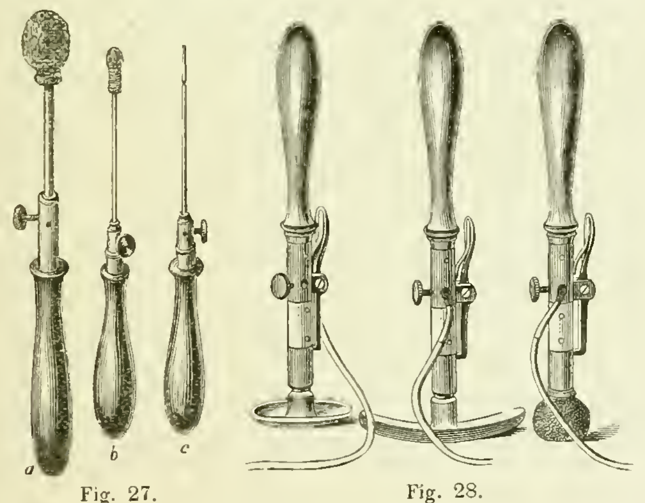


Fig. 27. Fig. 28.

stellen sowie an der Wäsche, deren Benetzung nicht ganz zu vermeiden ist, in Folge der Verdunstung Salzkrusten absetzt.

Die umstehenden Abbildungen geben die von mir gebrauchten Elektroden in 1/3 der natürlichen Grösse wieder, und zwar Fig. 27 die zum Localisiren des Stroms geeigneten und Fig. 28 die mit grösseren Platten und Balken versehenen Elektroden mit der von M. Meyer angegebenen Unterbrechungsvorrichtung.

Dieser Unterbrecher besteht in einem Hebel, welcher durch die Spitze des Zeigefingers zu bewegen ist und die Verbindung zwischen dem Metallstück des Griffes, in welches der Leitungsdraht eingeklemmt ist, und dem von dem ebengenannten durch einen isolirenden Elfenbeinring getrennten vordern Metallstück, welches die Contactplatten trägt, herstellt resp. unterbricht. Die Herstellung der Leitung durch Anschlagen des Hebels wird durch eine Feder, die Unterbrechung durch den Zeigefinger der die Elektrode führenden Hand bewirkt. Wo das Hebelende das vordere Metallstück berührt sind beide Berührungsflächen platinirt. Diese Unterbrechungsvorrichtung an den Elektroden ist für den Arzt, der ohne Assistenz arbeiten muss, ganz brauchbar. Besser ist natürlich die Unterbrechung im metallischen Theil der Kette am Apparat.

Ebenso verhält es sich mit den sinnreichen Commutationsvorrichtungen an der Elektrode, wie sie von E. Bischoff[1]), Brunner[2]), Mosengeil[3]) angegeben worden sind. Dieselben sind doch immer nur Nothbehelfe und können nur ihre Verwendung bei der Elektrotherapie haben. Zu diagnostischen Zwecken sind sie nicht zu verwerthen, weil ihre Verwendung stets einen stärkeren Druck auf die Haut oder Verschiebung der letzteren mit sich bringt. Es kann dem Praktiker nicht genug empfohlen werden, dass er seine Apparate so aufgestellt hält und seine Kranken so setzt, dass er (die indifferente Elektrode als vom Kranken gehalten vorausgesetzt) mit seiner freien Hand während des Elektrisirens alle Theile des Apparats, insbesondere die Kurbel zum Oeffnen und Schliessen des Stroms, den Commutator, den Rheostaten und die Inductionsrolle ohne Weiteres erreichen kann.

Unpolarisirbare Elektroden. Es ist schon oben des Umstandes Erwähnung gethan, dass stärkere galvanische Ströme, wenn sie durch metallene Elektrodenplatten auf den Körper eingeleitet werden, durch

---

[1]) E. Bischoff, Deutsch. Archiv f. klin. Medicin. Bd. XII. 1873. S. 377. — [2]) Brunner, Allgem. Wiener med. Zeitschr. 1874. No. 43. — [3]) v. Mosengeil, Berliner klin. Wochenschr. 1876. No. 6.

die Wirkung der Polarisation auf das Gewebe der Haut eine ätzende Einwirkung ausüben, und dass diese Verätzung der Haut am negativen Pole bedingt sei durch die Anhäufung der durch die Elektrolyse des Plasmas in der Cutis resp. durch die Zerlegung der Chloralkalien freiwerdenden kaustischen Alkalien am negativen Pole. Es ist klar, dass man diese Verätzung am negativen Pole vermeiden kann, wenn man den daselbst frei werdenden Kationen eine Ansammlung nicht gestattet, sondern dieselben sofort durch den Strom selbst weiter transportiren lässt und zwar in die Elektrode selbst hinein. Dies ist selbstverständlich nur dann möglich, wenn die Elektroden an ihrer Contactfläche nicht aus Metall, sondern aus einem porösen, mit Zinkvitriollösung durchtränkten Körper bestehen und man als leitendes Metall amalgamirtes Zink, welches sich in concentrirter Zinkvitriollösung befindet, wählt, welche Combination nach Du Bois-Reymond's Untersuchungen die Polarisation fast vollständig ausschliesst. Auf Grund dieser Anordnung, welche nach Du Bois' Vorgange heutzutage von allen Physiologen in der experimentellen Nervenphysiologie verwerthet wird, hat Hitzig[1]) unpolarisirbare Elektroden für die Zwecke der Elektrotherapie construirt. Jede derselben besteht aus einem hohlen, an der freien innern Fläche amalgamirten Zinkcylinder (Fig. 29 1, 2), welcher in einen Mantel von Hartkautschuck (1) eingekittet ist und nahe dem unteren Ende durch eine Klemmschraube (3) mit dem Leitungsdrahte der Batterie in Verbindung gesetzt wird. Am obern Ende ist der Zinkcylinder offen und wird von hier aus mit concentrirter Zinkvitriollösung gefüllt. Den Verschluss bildet ein Thonpfropf (4), welcher mit schwefelsaurer Zinkoxydlösung zu einer plastischen Masse angerührt ist; unter und über diesem Pfropf befindet sich ein Leinwandlappen, welcher durch einen Gummiring (6) in einer Einkerbung des Hartkautschuckmantels gehalten wird. Darüber wird dann ein zweiter Hartkautschuckansatz (II.) geschoben, welcher in seinem oberen trichterförmigen Theil mit Papiermaché (11), das mit einer schwachen, 1—2procentigen Kochsalzlösung angefeuchtet wurde, gefüllt ist. Darüber wird ebenfalls Leinwand (8) gespannt und mit einem Gummiring (10) befestigt. Uebrigens kann man auch im Zuleitungsrohr anstatt des Thonstöpsels einen Stöpsel von Papiermaché nehmen. Die Papiermasse kann durch nächtliches

---

[1]) Hitzig. Ueber die Anwendung unpolarisirbarer Elektroden in der Elektrotherapie. Berliner klin. Wochenschr. 1867. No. 37.

Auswässern 14 Tage lang conservirt werden; die Zinkvitriollösung in den Zuleitungsröhren braucht, wenn die letzteren während der Zeit

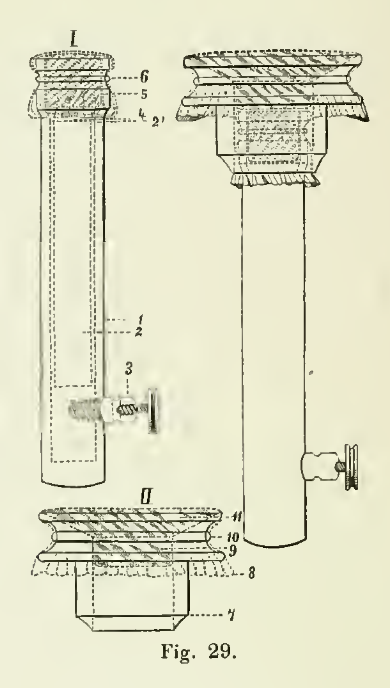


Fig. 29.

des Nichtgebrauchs in zugedecktem Glase in Feuchtigkeit aufbewahrt werden, auch nur von Zeit zu Zeit erneuert zu werden.

Die Hitzig'schen Elektroden entsprechen ihrem Zwecke vollkommen. Es ist möglich mittelst derselben einen Strom von 40 bis 50 Elementen 10—15 Minuten lang auf die Haut einwirken zu lassen, ohne eine Spur von Verätzung zu bekommen. Leider macht die Umständlichkeit der Herrichtung der Elektroden, welche täglich 10 bis 15 Minuten in Anspruch nimmt, die Anwendung derselben für den praktischen Arzt zu zeitraubend. Uebrigens kann derjenige, welcher die von mir auf den vorstehenden Blättern verzeichneten mit unpolarisirbaren Elektroden angestellten Versuche controliren will, sich sehr einfach und ohne erhebliche Kosten in den Besitz Du Bois-scher Elektroden setzen. Dazu gehören nämlich, wenn die grösste der meinigen (Fig. 30, b) als Muster dienen soll, zwei starke Glasröhren von 1—1,5 cm Lichtweite. Dieselben sind oben mit einem gewöhnlichen Kork geschlossen, durch den ein amalgamirtes, nach aussen mit einem Kupferleitungsdraht verlöthetes Zinkblech hindurch-

geht und bis fast an's Ende der Glasröhre reicht. Verschliessung des nicht gestöpselten Endes der Glasröhre mit plastischem, in 1 procen-

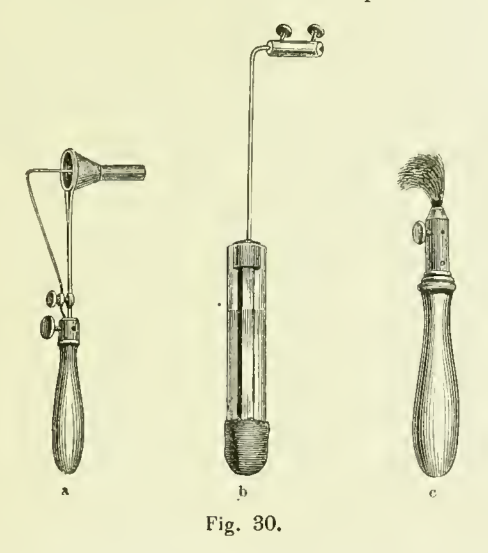


Fig. 30.

tiger Kochsalzlösung durchgeknetetem Thon, Umhüllung desselben mit feiner Leinewand (Gummiring), hierauf Füllung der Glasröhre mit concentrirter Lösung chemisch reinen Zinkvitriols, Einsetzung des Zinkblechs und Verschluss mit dem Stöpsel stellt die Elektroden zum Gebrauch fertig.

Uebrigens werden bei der jetzt gebräuchlichen therapeutischen Anwendungsweise des galvanischen Stroms, wo für gewöhnlich nur geringe Stromintensitäten zur Anwendung kommen und die Dauer der stabilen Anwendung keine sehr bedeutende ist, die unliebsamen Nebenwirkungen der Polarisation nur selten bemerkt. Für die Anwendung des Inductionsstroms fallen selbstverständlich diese Rücksichten hinweg, da derselbe wohl heftige physiologische, aber keine chemischen Wirkungen entfaltet.

Ein sehr zweckmässiges Instrument ist endlich für solche Fälle, wo es sich nur um intensive Reizung der Haut handelt, der von Duchenne zuerst angegebene Pinsel aus Metallfäden (vergl. Figur 30 c). Wir haben oben genauer erörtert, weshalb eine trockene metallische Contactfläche und insbesondere ein Pinsel aus Metallfäden für die blosse Hautreizung zweckmässiger sei, als mit feuchten Leitern überzogene Elektrodenenden. Hier sei nur noch erwähnt, dass die elektrische Geissel auf die trockene Haut applicirt,

schon bei mässiger Stromstärke einen heftigen, stechend-brennenden Schmerz verursacht, der durch Erhöhung der Stromintensität bis zum Unerträglichen gesteigert werden kann. Auf die energische Reizung antworten die Hautmuskeln mit kräftiger Contraction und Hervorziehen der Haarbalg- und Talgdrüsenmündungen, während gleichzeitig durch die Contraction der kleinsten Hautarterien starke Ischämie der Haut entsteht. Beides, Gänsehaut und Ischämie, verschwindet allmälig und macht einer intensiven Hyperämie Platz, welche bedingt ist durch die paralytische Erschlaffung der Gefässringmuskeln und die secundäre Erweiterung des ganzen Capillargebietes. Das Erythem tritt bei der Anwendung der Geissel schneller ein und erreicht eine grössere Intensität und Extensität, als dies bei der Anwendung eines einfachen trockenen Metallknopfes oder gar einer mit feuchtem Schwamm armirten Elektrode der Fall ist. Mit dem Oeffnen der Kette erlischt übrigens der Schmerz sofort, während das Erythem und das Gefühl erhöhter Wärme noch einige Zeit fortbesteht. Die Intensität und Dauer des Erythems hängt von individuellen Differenzen in der Erregbarkeit und Erschöpfbarkeit der vasomotorischen Nerven und der glatten Muskulatur der Gefässe ab, deren Ursachen unbekannt sind.

Für ausgedehnte Flächenreizung, wie sie neuerdings zum Zwecke energischer centripetaler Erregungen empfohlen sind, bedient man sich am besten breiter Metallpinsel oder Bürsten (Fig. 31) aus Metallfäden. Mittelst derselben kann man in wenig Minuten den grössten Theil der Körperoberfläche überstreichen.

Was die elektrische Geissel in der therapeutischen Anwendung vor allen übrigen zu Heilzwecken angewendeten Hautreizungen auszeichnet, das ist der Mangel jeder üblen Neben- und Nachwirkung selbst bei der höchsten Intensität der Reizung.

Für die Elektrisirung des Rückenmarks, des Pharynx, des Larynx, des Oesophagus, des Magens, des Darms, der Blase, der Genitalien, des Uterus sind Elektroden von verschiedenartigster Form nöthig.

Für die Rückenmarks-Elektrisation habe ich halbmeterlange, handbreite, schwach concave Elektroden, welche den grössten Theil der Wirbelsäule bedecken. Für die Oblongata und das Halsmark habe ich (von Instrumentenmacher Katsch in München) eine sog. Cravatten-Elektrode construiren lassen, welche die Oblongata-,

Halsmark- und Sympathicus-Galvanisation zu gleicher Zeit besorgt (s. Fig. 31). Dieselbe ist wohlgepolstert und wird mit warmem Wasser befeuchtet, wie eine hohe Cravatte um den Hals gelegt und

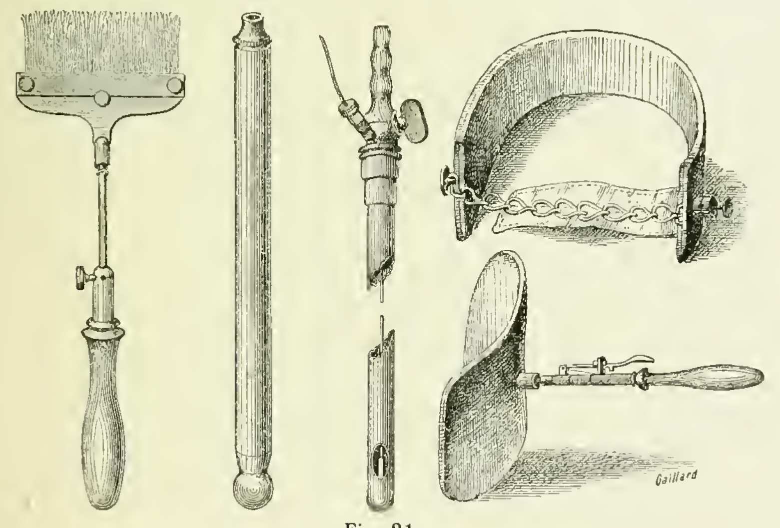


Fig. 31.

vorne mittelst einer unterpolsterten Kette geschlossen. Für den Leitungsdraht ist seitlich eine Klemmschraube angebracht. Diese Elektrode eignet sich besonders für langdauernde Galvanisirungen der Oblongata, des Halsmarks und des Sympathicus. Eine galvanische Durchströmung dieser nervösen Centralapparate mit geringster Intensität aber von $^1/_4$—$^1/_2$ stündiger Dauer hat bei Irritationszuständen chronisch-entzündlicher, neuralgischer oder vasomotorischer Natur oft vorzügliche Wirkungen, wie bei der „Elektrotherapie“ genauer besprochen werden wird, und für solche langdauernde Galvanisationen ist die Cravatten-Elektrode, sowie die lange Rückenmarks-Elektrode, welche ebenfalls mittelst zweier um den Rumpf laufenden Riemen auf der Wirbelsäule befestigt werden kann, besonders geeignet.

Für Pharynx und Larynx bedient man sich bei der (gewöhnlich ausreichenden) percutanen Elektrisirung zweier Plattenelektroden mittlerer Grösse, welche beiderseits auf Pharynx oder Kehlkopf aufgesetzt werden.

Für die jedenfalls wirksamere innere Anwendung des Stroms auf die Schleimhaut des Pharynx dienen einfache oder Doppelelektroden mit der entsprechenden Krümmung, die knopfförmigen Enden

mit Schwamm überzogen. Bedient man sich der einfachen Elektrode, so wird die Kette mit einer plattenförmigen Elektrode aussen geschlossen. Die Doppelelektrode nimmt beide Pole auf. Die früher gebräuchlichen, von Duchenne, M. Mackenzie u. A. construirten Elektroden sind zu schwach und unsolide. Ich habe deshalb eine solide Doppelelektrode construiren lassen, welche in der jetzigen Form (Instrumentenmacher Katsch in München) allen Anforderungen entspricht (Fig. 32). Die beiden schwammbekleideten Knöpfe des Instruments stehen durch Federdruck in Berührung, sodass beim Einführen

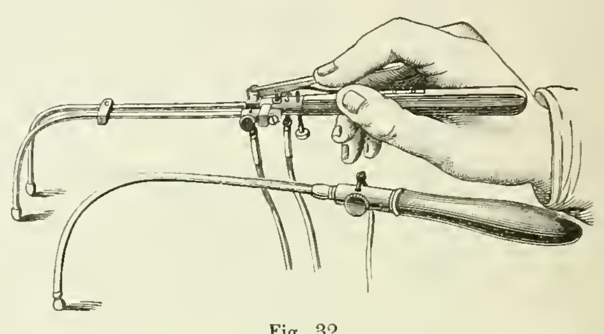


Fig. 32

des Instruments kein Strom die Weichtheile des Mundes oder Rachens trifft. Erst wenn die Knöpfe über dem Kehlkopf stehen, werden die Branchen von einander entfernt. Dies geschieht durch den Druck des Zeigefingers auf einen langen Hebelarm, welcher mittelst eines Doppelgelenkes die Rotation der einen Branche bewirkt. Die Excursion des Hebels (und dementsprechend auch die Entfernung der Elektrodenspitzen von einander) wird bestimmt durch eine Schraube, welche von unten gegen den Hebel vordringt und verstellbar ist. Das ganze Getriebe ist so solide und fest, dass man mit beiden Branchen einen festen Druck nach aussen ausüben kann. Dies ist unbedingt nöthig, da die Energie des gereizten Constrictor faucium medius und inferior die Branchen schwächer gebauter Elektroden zusammendrückt.

Mit dem Nachlassen des Fingerdruckes auf den Hebel treten die Branchen resp. ihre Knöpfe wieder in Berührung, sodass die Herausnahme des Instruments ohne elektrische Reizung der Weichtheile des Rachens und Mundes vor sich geht.

Zur Localisirung des elektrischen Stromes auf die einzelnen Kehlkopfmuskeln eignet sich meine einfache katheterförmige Elektrode (Fig. 32). Dieselbe kann zum Anschrauben an einen Krüger-

Hirschmann'schen Elektrodengriff mit Unterbrechungshebel eingerichtet werden. Ihre Anwendung erfordert selbstverständlich die Application einer zweiten Elektrode aussen am Kehlkopf, um den Kettenschluss herzustellen.

Die Ohr-Elektrode (vgl. Fig. 30, a), wie sie von Krüger und Hirschmann geliefert wird, besteht aus einem isolirenden Ohrtrichter von Hartkautschuk, welcher durch eine federnde leicht abnehmbare Klammer mit dem Handgriff verbunden ist. Ein von dem metallenen Theil des Handgriffes ausgehender Draht taucht in den Trichter je nach der Stellung der kleinen Schraube tiefer oder weniger tief ein. Eine Klemmschraube am Handgriff nimmt den Leitungsdraht auf. Der Trichter wird nach seiner Einführung in den äusseren Gehörgang mit Wasser gefüllt.

Diese überaus complicirte und schmerzhafte Einführung der Elektrode in den äusseren Gehörgang nach Anfüllung desselben mit Wasser (innere Anordnung) ist in der neueren Zeit durch die von Erb eingeführte äussere Anordnung ganz verdrängt worden. Dieselbe besteht in dem Aufsetzen einer mittleren Elektrode vor und auf dem Tragus, denselben etwas hineindrückend. Der äussere Gehörgang braucht dabei weder mit Wasser gefüllt, noch überhaupt ganz geschlossen zu werden. Die indifferente Elektrode wird in den Nacken gesetzt oder auf das Sternum resp. die Hand der betr. Ohrseite aufgesetzt.

Für die Oesophagus-Elektrisation ist eine Schlundsonde zu verwenden, deren blindes Ende abgeschnitten und mit einem eichelförmigen, die Schnittränder seitlich etwas überragenden Elektrodenknopfe armirt wird. Der als Mandrin dienende Kupferdraht muss stark und seine Verbindung mit dem Elektrodenknopfe sowie mit dem oberen Ende der Sonde sehr zuverlässig sein. Die Elektrode wird in der Speiseröhre langsam auf und nieder geführt, während die indifferente zwischen den Schultern steht. Bei Anwendung des constanten Stromes ist stabile Anwendung wegen der Möglichkeit einer Anätzung zu vermeiden.

Für den Magen genügt im Allgemeinen die percutane Application der grossen Magen-Elektroden (s. Fig. 31. Genaueres über die Grösse und Application dieser Elektroden weiter unten bei der „Elektrotherapie"). Die Elektrisation des Magens erfordert für beide Ströme sehr hohe

Stromstärken, wenn die Wirkung genügend sein soll. Häufige Stromwendungen sind empfehlenswerth.

Bei der intraventriculären Anwendung wird die sondenförmige Magenelektrode (s. Fig. 31) eingeführt, der Speiseinhalt des Magens durch Heberwirkung entleert, 1½—2 Lit. Wasser zugelassen und dann nach Abklemmung des Gummischlauches der Leitungsdraht mittelst der Klemmschraube mit der Leitungsschnur des Apparats in Verbindung gesetzt und die Kette unter Aufsetzen der Magenelektrode No. I. auf die vordere Magengegend im metallischen Theile des Apparats geschlossen.

Wie schon oben bemerkt, eignen sich zu diesen anstrengenden Manipulationen nur durch früheres regelmässiges Magenspülen abgehärtete Individuen. Bei Gastrectasien ist sehr viel Wasser im Magen erforderlich und sehr tiefes Einsenken der Sondenelektrode nöthig. Sind die Sondenfenster resp. der darin verborgene Metallelektrodenknopf nicht tief genug eingesenkt, resp. tauchen sie nicht unter das Niveau des Wassers ein, so ist selbstverständlich der Stromkreis nicht geschlossen. Man erkennt also (bei Einschaltung des Batteriestroms) sofort am Galvanoskop, ob die Sondenfenster untertauchen oder nicht.

Für die Elektrisation der Gedärme eignen sich die grössten Magenelektroden (No. I.), von denen eine auf die vordere Bauchwand, die andere auf die Lumbalgegend aufgesetzt wird. Auch hier sind grosse Stromstärken nöthig und Stromwendungen besonders zu empfehlen.

Für die Elektrisirung des Mastdarms eignet sich die von Hirschmann gelieferte Mastdarmelektrode (s. Fig. 31). Dieselbe ist gut fingerdick, besteht aus englischem Sondengeflecht und trägt an ihrem Ende einen kugelförmigen, vernickelten Messingknopf von 1 cm Durchmesser, während das untere Ende ein Gewinde zum Einschrauben der gewöhnlichen Elektrodenhefte besitzt. Die Tiefe der Einführung hängt von der Indication des Einzelfalles ab, ebenso die Aufstellung der indifferenten Elektrode. Bei Anwendung des constanten Stromes ist fortdauernde Verschiebung oder Stromwendung anzuwenden, um Anätzung zu verhüten. Die Furcht vor derselben ist übrigens im Allgemeinen sehr übertrieben.

Bei der Elektrisirung der Genitalien, der Blase, der Prostata, des Uterus findet auch die Mastdarmelektrode zweckmässige Verwendung, während eine elastische Elektrode mit Messingknopf in

die Harnröhre, den Uterus, die mit Wasser gefüllte Blase eingeführt wird. Kräftige constante Ströme mit Commutation, auch Inductionsströme wirken bei dieser Anordnung sehr energisch bei paralytischen Zuständen der Blase, bei completer und incompleter Impotenz, bei beginnender Prostatahyperplasie etc.

Als Leitungsschnüre zur Verbindung der Elektroden mit dem Apparate dienen feine Kupferdrähte, welche wie ein Tau zusammengedreht sind und in einen Stift von Kupferdraht auslaufen, welcher zur Einsenkung in die Klemmschraube an der Elektrode bestimmt ist. Die Verbindung zwischen Draht- und Kupferstift sei durch Verlöthung hergestellt, damit keine Lockerung und Stromunterbrechung eintreten kann. Insbesondere ist noch hervorzuheben, dass Drahtstift, Klemmschraube und Kanal zur Aufnahme des Stiftes nicht zu klein, sondern gross, derb, fest gearbeitet und handlich sein müssen.

Nothwendig ist endlich, die Leitungsschnüre mit feinen Gummischläuchen zu überziehen, wenn dieselben nicht schon überzogen vom Fabrikanten geliefert werden. Es eignen sich hierzu die feinen schwarzen und rothen Gummischläuche am besten und zwar ist die eine Leitungsschnur mit schwarzem, die andere mit rothem Gummi zu überziehen, damit man bei den Manipulationen am Kranken jederzeit weiss, welchen Pol man in der Hand hat. Der Gummischlauch reiche bis über die Löthstelle am Endstift hinaus und sei an letzterem durch Umwickelung mit Seide befestigt. Der Nutzen des Gummiüberzuges besteht einestheils darin, dass sich die Drähte wegen der Abhaltung von Feuchtigkeit viel länger conserviren, während sie, mit dem gewöhnlichen Ueberzuge von Wolle und Seide versehen, in Folge der beim Elektrisiren unvermeidlichen Benetzung bald durch Oxydation zu Leitungsstörungen Veranlassung geben. Andererseits wird durch den wasserdichten Ueberzug auch das unangenehme Ueberspringen des Stroms von einer Schnur zur andern unmöglich gemacht, welches leicht eintritt, wenn die Drähte durch das aus den Elektrodenschwämmen herabtropfende Wasser benetzt, bei den Manipulationen mit einander in Berührung treten.

Allgemeine Bemerkungen zur Methode der Localisirung des elektrischen Stromes.

Ausser der Kenntniss der mitgetheilten physikalischen und physiologischen Thatsachen und der Beherrschung der Technik bedarf es zur praktischen Ausführung der Methode der localisirten Elektrisirunng noch einer ins Einzelne gehenden Kenntniss der anatomischen Verhältnisse, vor Allem der Lagerung der Muskeln und ihrer Nerven zu einander, zum Skelett, zu den sensiblen Nerven und zur Körperoberfläche, sowie eines gewissen Grades von Uebung in der Application des Stromes am Menschen.

In letzterer Beziehung empfehlen sich für Anfänger Vorübungen am eigenen Körper, damit sie sich einerseits möglichst schnell sowohl mit den anatomischen Verhältnissen der Körperoberfläche als auch mit der Verschiedenheit der Sensibilität an den einzelnen Regionen vertraut machen, um nach derselben die Stärke des anzuwendenden Stromes zu bemessen; damit sie andererseits aber auch die Apparate handhaben lernen, um die so häufig vorkommenden Störungen in der Stromerzeugung und Stromleitung und ihre Gründe kennen zu lernen. Auf diesem Wege gewinnt man bald Sicherheit und Gewandtheit in der Handhabung des elektrischen Stromes und hat nicht nöthig, die unentbehrlichen Vorstudien an seinen Patienten anzustellen. Der letztere Weg ist jedenfalls der verkehrteste, wenn der angehende Arzt die Ansicht hat, sich und seinem Heilmittel beim Publikum Vertrauen zu erwerben.

Man beginne die Vorübungen an den Extremitäten, besonders an der Hand und am Vorderarm und gehe allmälig zu den empfindlicheren Partien — Unterschenkel, Hals, Gesicht — über. Die anfängliche Empfindlichkeit der Haut gegen den elektrischen Reiz stumpft sich durch die Gewöhnung bald ab.

Nächst den Vorübungen am eigenen Körper sind solche an Versuchspersonen zu empfehlen.

Beabsichtigt man an Patienten zu operiren, so unterlasse man nie, die Stärke des Stromes vorher am eigenen Körper zu prüfen. Empfindliche Personen nehmen es sehr übel, wenn man sie mit einem zu starken Strome überfällt, und verlieren nicht selten die Lust an der Fortsetzung der Kur. In den meisten Fällen genügt die Prüfung des Stromes an der eigenen Hand; handelt es sich aber um Faradisirung sehr empfindlicher Regionen, z. B. des Gesichts, so setze man die Elektroden vorher am eigenen Gesichte auf, um sich von der Intensität des Stromes zu überzeugen.

Zur Minderung des Hautschmerzes dient dicke Polsterung der Contactflächen an den Elektroden mit geeigneten feuchten Leitern, ruhige Führung der Elektroden, kräftiges Aufdrücken derselben und Vermeidung eines unsichern Hin- und Herfahrens mit den Stromgebern. Will man bei empfindlichen Personen ganz sicher gehen, so setze man die Elektroden bei sehr geringer Stromstärke fest auf und verstärke alsdann den Strom allmälig bis zu dem nöthigen Intensitätsgrade.

Ferner ist beim Elektrisiren darauf zu achten, dass der Körper oder wenigstens das betreffende Glied sich in einer sicheren Lage befindet, dass die Haut beim Ansetzen nicht verschoben wird, was bei mageren Individuen gar leicht geschieht, endlich dass die Lagerung des Gliedes bei der jedesmaligen Faradisirung dieselbe ist. Wird die Lage des Gliedes geändert, so verändert sich häufig auch das Lageverhältniss der Hautoberfläche zu den tieferen Partien und das Verhältniss der letzteren unter sich. Es werden deshalb die bei gestreckter Haltung einer Extremität bezeichneten motorischen Punkte sich in gebeugter Stellung derselben häufig als nicht zutreffend erweisen. Man thut aus diesem Grunde gut, im Anfange die Versuchsperson stets in derselben Lage zu faradisiren, am besten in liegender Stellung, um alle Muskeln gleichmässig zu erschlaffen.

Der Anfänger möge sich ferner immer wieder der Thatsache erinnern, dass der negative Pol beider Ströme eine stärkere Wirkung auf die motorischen, sensiblen und Sinnes-Nerven ausübt, als der positive, vorausgesetzt, dass die Elektroden von gleichem Querschnitte sind. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man am eigenen Körper sensible Partien reizt und die Pole wechselt. Bezeichnet man sich die motorischen Punkte zweier homologer Muskeln im Gesichte mit Farbe und reizt nun die beiden Facial-

Aeste gleichzeitig, den linksseitigen mit dem positiven, den rechtsseitigen mit dem negativen Pole, so wird die dadurch gesetzte Contraction und Sensation rechts energischer sein als links; mit dem Wechsel der Pole wird sich die Sache aber umgekehrt verhalten. Der Anfänger bediene sich deshalb bei der localisirten Faradisirung stets des negativen Poles zur Reizung der Muskelnerven und schliesse mit der positiven Elektrode, welche, um die Stärke des negativen Poles zu erhöhen, mit einer grösseren Contactfläche zu versehen ist, die Kette an einem indifferenten Punkte des Körpers. An welchem Punkte des Apparates der positive resp. der negative Pol sich befindet, ermittelt man durch die oben (S. 188 ff.) angegebenen Methoden.

Beabsichtigt man complete Contractionen grösserer Muskeln durch directe Reizung der Muskelsubstanz zu erzielen, so ist die Vergrösserung der Contactflächen an den Elektroden sehr begünstigend für das Zustandekommen completer Verkürzungen. Setzt man z. B. eine der dünnen mit Schwammkappen versehenen Elektroden oder selbst beide auf den M. pectoralis major oder deltoideus auf, so erhält man selbst bei sehr starkem Strome nur Contractionen einzelner Bündel, wählt man aber Elektroden mit grossen Contactflächen, so erhält man schon bei mässigem Strome, besonders wenn man beide Elektroden auf den Muskel aufsetzt, eine energische Verkürzung des ganzen Muskels.

Die Erklärung dieser Erscheinung ist in den oben erörterten physikalischen Gesetzen gegeben. Die Strombahn, welche von der grossen Contactfläche aus in den Muskel eintritt, ist viel umfänglicher als die der feinen Elektrode; somit werden von der ersteren eine weit grössere Zahl von motorischen Nervenfasern gereizt werden als von der letzteren. Bei hoher Stromstärke kommt hinzu, dass der Strom noch in der nächsten Umgebung der Eintrittsstelle eine zur Erzeugung von Reizerscheinungen hinreichende Dichtigkeit besitzt. Dieses Rayon wird selbstredend unendlich viel grösser sein, wenn der Querdurchschnitt des eintretenden Stromes mehrere □cm, als wenn er einige □mm beträgt.

Hiernach ist es also nicht nur physikalisch vollkommen gerechtfertigt, sondern auch vom praktischen Standpunkte aus durchaus empfehlenswerth, bei der therapeutischen Anwendung des elektrischen Stromes, sobald es sich um die Erzielung von Muskelcontractionen handelt, grosse Elektroden mit feuchten Schwammbelägen in Gebrauch zu nehmen. Die intramuskuläre Erregung gelingt alsdann schon bei

weit geringerer Stromstärke, als bei der Anwendung feiner Elektroden, und die Reizung der Hautnerven ist eine erheblich schwächere.

Für die extramuskuläre Erregung motorischer Nerven sind, wenn es nicht auf besondere Exactheit des Effectes ankommt, ebenfalls grössere Contactflächen an den Elektrodenenden zu verwenden; sie bringen auch hier den Vortheil geringerer Schmerzerregung in der Haut mit sich. Die extramuskuläre Reizung mit mässig grossen Schwammkappen ist überall, wo sie vermöge der anatomischen Anordnung möglich ist, vorzuziehen, weil durch sie eine complete Contraction des Muskels bei geringer Stromstärke und unter relativ geringer Schmerzempfindung erzielt wird.

Eine feine Elektrode mit dünner Schwammkappe ist aber unentbehrlich, sobald es sich um isolirte Reizung kleiner Muskeln oder feiner Nervenzweige handelt, wenn man die physiologische Wirkung der Contraction einzelner Muskeln studiren oder zu diagnostischen Zwecken die Erregbarkeitsgrade für bestimmte Stromstärken oder für die verschiedenen Stromesarten ganz exact feststellen will.

Für die gleichzeitige Erregung zweier homologer Muskeln besonders beim Studium der mimischen Effecte der Gesichtsmuskeln ist es selbstverständlich nicht zweckmässig, den einen Muskel mit dem positiven, den andern mit dem negativen Pole zu reizen, da die Verkürzung des von der negativen Elektrode gereizten Muskels stärker ausfällt als die des gegenüberliegenden vom positiven Pole erregten Muskels. Um eine ganz gleichmässige Wirkung zu erhalten ist es rathsam, den einen Poldraht in zweie zu zerlegen. Man bedient sich hierzu am besten der von Eulenburg angegebenen, von Hirschmann gefertigten Doppelelektrode mit mehrfach verstellbaren Armen. In die 2 Klemmschrauben derselben werden die 2 Leitungsschnüre mit den feinen Elektroden eingelegt, während die Leitungsschnur des positiven Poles in eine grosse Plattenelektrode eingelegt wird, welche die Versuchsperson auf dem Sternum fixirt. Man hat alsdann durch die Theilung des negativen Poldrahts 2 Elektroden für die isolirte Reizung der homologen Muskeln gewonnen, welche durchaus gleichstarke Ströme liefern.

Es verdient endlich erwähnt zu werden, dass ein starkes Fettpolster die localisirte Faradisirung wesentlich erschwert, indem dasselbe zwischen der Haut und dem zu reizenden Muskel oder Nerven eine starke Schicht gut leitenden Gewebes bildet, welche zu comprimiren schwer, ja oft geradezu unmöglich ist. Steigerung der

Stromstärke ermöglicht zwar Ueberwindung des Hindernisses und das tiefere Eindringen des Stromes, allein dadurch wird die Schmerzhaftigkeit der Procedur wieder erheblich erhöht. Dieser Umstand ist aber nicht gering anzuschlagen, da sich ein stark entwickelter Panniculus adiposus gerade bei kleinen Kindern findet, welche gegen den elektrischen Strom ohnehin lebhaft reagiren und dadurch eine ruhige Beurtheilung pathologischer Veränderungen in den Muskeln z. B. bei der so häufigen spinalen Kinderlähmung, ungemein schwierig und die elektrische Behandlung solcher Zustände sehr unerquicklich machen. In Fällen, wo eine genaue elektrische Untersuchung solcher empfindlicher Patienten in diagnostischer und therapeutischer Hinsicht von Wichtigkeit ist, bleibt Nichts übrig, als eine Exploration in der Chloroformnarkose vorzunehmen.

Anatomisch-Physiologisches
zur Methode der
Localisirung des elektrischen Stroms.

Die Aufgabe der nachstehenden Erörterungen und der beigegebenen bildlichen Darstellungen ist Klarlegung des Lageverhältnisses der Muskeln und Nerven zur Oberfläche, oder mit anderen Worten, die Projection der für die elektrische Reizung zugänglichen oder besonders geeigneten Stellen an den Nerven und Muskeln auf die äussere Haut. Nur der, dem die anatomischen Beziehungen der Muskeln und Nerven zu einander, zum Skelett und besonders zur Körperoberfläche vollständig geläufig sind, wird in der Lage sein, den elektrischen Strom mit wissenschaftlicher Schärfe zu localisiren.

An diese Aufgabe schliessen sich enge die interessanten Fragen der Funktion der einzelnen Muskeln an. Duchenne hat zuerst durch seine trefflichen Arbeiten den Beweis geliefert, dass man die gröbere Physiologie des willkürlichen Muskelsystems mit Hülfe seiner Methode der lokalisirten Faradisirung am Lebenden studiren könne[1]. Freilich gehören zu einem solchen Studium gründliche topographisch-anatomische Kenntnisse und volle Sicherheit in der Methode und in der Handhabung der Apparate, allein beide lassen sich durch Fleiss und Uebung erwerben.

---

[1] „La possibilité de limiter la puissance électrique dans chacun des muscles ou des faisceaux musculaires, et d'imiter ainsi les mouvements volontaires, devait faire naitre une idée féconde: celle d'étudier l'action individuelle des muscles et conséquemment la physiologie des mouvements sur l'homme vivant. C'était, pour ainsi dire, l'anatomie vivante, pratiquée sur les animaux par les anciens, et réalisée pour la première fois sur l'homme vivant, sans opération sanglante, avec des procedés inoffensifs, dus aux progrès de ma méthode de faradisation localisée.“ Duchenne, Physiologie des mouvements. Préface Fol. V.

Zur Erleichterung dieses Studiums habe ich auf den nachstehenden Blättern alle jene Thatsachen kurz zusammengestellt, deren Kenntniss ich für die Ausübung einer wissenschaftlichen Elektrotherapie für unentbehrlich halte. Detaillirte Erörterungen über die Funktion der einzelnen Muskeln habe ich thunlichst vermieden, und mich begnügt, den Effekt der Reizung eines sensiblen oder motorischen Nerven und die Wirkung der Verkürzung eines Muskels in Kürze anzugeben und die letztere, wenn auch nur zum kleinen Theil durch xylographisch wiedergegebene, photographisch am Lebenden aufgenommene Illustrationen klar zu legen gesucht. Die Wichtigkeit, ja Nothwendigkeit solcher bildlichen Darstellungen für das Studium der Anatomie, sowohl für den Mediciner als für den Künstler, bedarf keiner Ausführung. Duchenne hat in seinem schönen photographischen Werke über die Elektrophysiologie der Mimik [1]) eine Reihe ebenso wichtiger als interessanter Thatsachen niedergelegt und damit der Medicin nicht nur, sondern auch der plastischen Kunst eine reichhaltige Quelle der Belehrung erschlossen. Die Früchte einer weiteren Ausdehnung dieser Studien hat Duchenne einige Jahre später in einem grösseren Werke [2]) niedergelegt.

Die im Nachstehenden zur Illustration des Textes in denselben eingefügten Holzschnitte sind sämmtlich nach Photographien gearbeitet, welche unter meiner persönlichen Leitung aufgenommen worden sind. In derselben Weise sind auch die schon in den früheren Auflagen erschienenen Holzschnitte, sowie die am Schlusse angehängte lithographirte Darstellung der motorischen Punkte am Kopf und Hals angefertigt. Die Bezeichnung der motorischen Punkte und Linien auf der Haut der Versuchspersonen geschah nach meiner oben erörterten Methode. Mittelst der feinen negativen Elektroden wurde, während die breite positive Elektrode auf dem Sternum stand, der motorische Punkt festgestellt und zunächst mit dunkelblauer Kreide aufgezeichnet und nach mehreren Controlversuchen mit Copir- oder Höllensteinstift fixirt.

Da in den Bezeichnungen, welche den Abbildungen unmittelbar

---

[1]) Mécanisme de la Physionomie humaine au Analyse électro-physiologique de l'expression des passions, applicable à la pratique des arts plastiques. Album (72 fig. photograph.). Paris 1862.

[2]) Physiologie des Mouvements, demontrée à l'aide de l'expérimentation électrique et de l'observation clinique et applicable à l'étude des paralysies et des déformations. Paris 1867. — Von diesem trefflichen Werke hat Wernicke kürzlich eine deutsche Uebersetzung (Berlin 1885, Fischer) herausgegebeu.

angefügt sind, Kürze des Ausdrucks vor Allem geboten war, so habe ich hier von einer Unterscheidung, ob Reizung der Muskelsubstanz selbst oder des motorischen Nerven Platz fände, meistentheils Umgang genommen. Ich habe, um ein Beispiel zu wählen, auf der Lithographie den Facialiszweig, welcher den Stirnmuskel innervirt, nicht als Ram. Nervi facial. pro musc. frontal., sondern einfach als M. frontalis bezeichnet. Die Uebersicht wird durch Kürze der Bezeichnungen erleichtert und der Text giebt ja bei etwaigem Zweifel genügenden Aufschluss.

Kopf.

Der Stamm des **Nervus facialis** kann nach Duchenne's Vorschrift vom äusseren Gehörgange aus gereizt werden, indem man eine dünne Elektrode gegen dessen untere Wand andrückt. Dieses Verfahren, schon bei mässiger Stromstärke sehr schmerzhaft, setzt erst

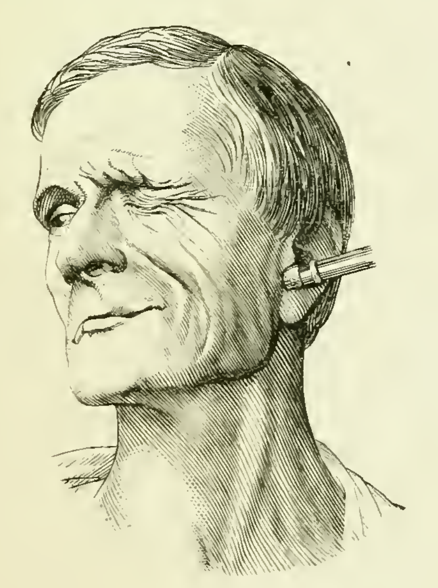


Fig. 33.
Nervus facialis.

bei der Anwendung stärkerer Ströme eine energische Contraction sämmtlicher vom Facialis innervirter Muskeln. Der Reichthum des äusseren

Gehörganges an sensiblen Nerven vom N. auriculo-temporalis Nervi trigemini ist die Ursache der excessiven Schmerzhaftigkeit dieses Duchenne'schen Verfahrens.

Man erzielt auch durch Ansetzen des Stromgebers unmittelbar unter dem Porus acusticus externus in dem hier meistentheils vorhandenen Grübchen der Ohrmuschel (vergl. Taf.) einen kräftigen Effect, aber die Schmerzhaftigkeit ist doch auch hier ziemlich gross.

Bei mageren Personen von ganz genügender Wirkung ist die Reizung des N. facialis unmittelbar nach seinem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum, indem man die dünne Elektrode unmittelbar unter der Ohrmuschel zwischen Proc. mastoideus und dem Proc. condyloideus des Unterkiefers kräftig eindrückt.

Die Reizung des Facialisstammes giebt einen sehr charakteristischen Effect. Die ganze Gesichtshälfte wird nach der gereizten Seite verzogen, Nase und Mund schiefgestellt, das Auge fest geschlössen, die Haut der Gesichtshälfte in zahllose Falten gelegt. Die Verkürzung der Gesichtsmuskeln der einen Seite, wie sie Fig. 33 zeigt, tritt uns klinisch in derselben Weise in schweren Fällen von Facialiskrampf entgegen.

Von den Aesten, welche der N. facialis nach seinem Austritt aus dem Canalis Fallopiae abgiebt, schwingt sich der **Ram. auricularis posterior** am vorderen Umfange des Proc. mastoid. aufwärts, und liegt hier ganz oberflächlich unmittelbar hinter der Verbindung des Ohrknorpels mit dem Schädel (vergl. Taf.). Die Reizung dieses Facialzweiges, welche wegen der vielfachen Anastomosen mit den N. auricularis magn. und occipitalis min. sehr schmerzhaft ist, setzt Contraction im **M. occipitalis,** in den **Mm. retrahentes auriculae** und **attollens** (hinterer Theil); der Effect ist Detraction der Kopfhaut nach hinten, sowie Erhebung der Concha nach hinten und oben.

Nach der Theilung des Ram. auricularis post., welche bald höher bald tiefer erfolgt, lassen sich seine beiden Zweige isolirt reizen (vergl. Taf.). Der Ram. posterior ergibt isolirte Detraction der Galea, der Ram. anterior Erhebung der Concha nach hinten und oben. Eine isolirte Retraction der Auricula ohne Erhebung lässt sich übrigens nicht hervorbringen, weil bei einer Reizung der feinen Zweiglein für die Mm. retrahentes eine Läsion der zum Attollens aufsteigenden Aestchen nicht vermieden werden kann. Einige Male konnte ich allerdings eine isolirte und auffallend energische Retraction der Ohr-

muschel hervorrufen, jedoch fehlte hier der M. attollens ganz und es waren die Retrahentes dafür um so kräftiger entwickelt.

Ein Zweiglein des Ram. auricular. poster., welches zum **M. tragicus** und **antitragicus** geht, habe ich häufig mitten auf dem Proc. mastoid. oder an dessen innerem Rande gefunden und bis an die Fissura intertragica verfolgen können. Reizung desselben auf dem Proc. mastoid., also in einer Entfernung von $^1/_2$—$^3/_4$″ von seinen Muskeln, setzt Verengerung der Fissura intertragica mit Fältelung der Haut, so zwar, dass der Antitragus dem Tragus genähert wird, beide aber gleichzeitig nach innen und oben gezogen werden.

Die **Mm. helicis major** und **minor** verkürzen die Concha ein wenig von oben nach unten, sehr oft aber ist ein Effect Seitens dieser Muskeln überhaupt nicht zu erzielen, weder durch Reizung ihrer Nervenästchen, welche aus den Rami temporales abtreten und gewöhnlich in der Nähe des Tragus sich finden lassen, noch durch direkte Reizung der Muskelsubstanz.

Die Function der Ohrmuskeln durch Aufsetzen der Elektroden auf die Muskeln zu eruiren, wie dies von Duchenne geschieht, gibt bei der Beweglichkeit der Ohrmuschel und der Subtilität der Muskelbewegungen noch leichter zu Täuschungen Anlass, als dies bei den Gesichtsmuskeln der Fall ist. Hier wie dort muss man sich, wo es die anatomischen Verhältnisse überhaupt möglich machen, der Erregung der betreffenden motorischen Nervenäste bedienen.

Die Facialis-Aeste für **M. stylohyoideus** und **M. digastricus** lassen sich zuweilen bei mageren Menschen — jedoch höchst selten isolirt — reizen, und zwar indem man die feine Elektrode hinter den Processus condyloid. des Unterkiefers tief eindrückt (vergl. Taf.). Ihre Verkürzung manifestirt sich durch Bewegung des Zungenbeins nach aussen, hinten und oben. Nicht blos Fettreichthum des Unterhautzellgewebes ist hier hinderlich, sondern noch viel mehr ein stark entwickeltes und weit nach hinten reichendes Platysma.

Auf der Parotis sind die einzelnen grösseren Aeste des Facialis leicht zu finden und setzen gereizt Contractionen in bestimmten Muskelgruppen, welche der gangbaren Eintheilung in Rami temporalis, zygomatici, buccales, subcutanei maxill. infer. und subcutanei colli im Allgemeinen entsprechen.

Diejenigen Facialisäste nun, welche die Parotis verlassend auf dem Knochen aufliegen, lassen sich mit Hülfe feiner Elektroden auf

das Genaueste in ihre Zweige auflösen. Schwerer dagegen und fast nur bei mageren Individuen gelingt es, den Verlauf einzelner Zweige zu verfolgen, welche auf oder in Weichtheilen gebettet liegen, nämlich der Rami subcutanei colli und besonders der Rami buccales, nachdem sie den inneren Rand des Masseter überschritten haben. Hier muss man sich begnügen, jeden motorischen Zweig in der Nähe seines Muskels oder beim Eintritt in denselben zu reizen.

Es sei hier vorweg bemerkt, dass sich, wenn man an einer grossen Anzahl von Personen die Ausbreitung des Facialis in die Gesichtsmuskeln untersucht, vielfältige Varietäten finden, so dass meine Angaben nicht für alle Fälle ganz zutreffend sein können. Immerhin wird es aber mit ihrer Hülfe leicht sein, sich zu orientiren.

Ausser den Verschiedenheiten in der Ausstrahlung des N. communicans fand ich an den Muskeln folgende bemerkenswerthe Abweichungen: der M. frontalis zuweilen, besonders bei jungen Individuen, so schwach entwickelt, dass er kaum einen Effekt zeigte; der Corrugator supercilii zuweilen äusserst kräftig entwickelt; der Zygomat. major weit nach aussen entspringend, wenn ein Zygomat. minor vorhanden war; fehlt dieser ganz, was selten ist, so rückt der Ursprung des Zygomat. major weiter nach der Mittellinie hin. Die Muskeln der Nase und der Oberlippe fand ich zuweilen so verwachsen, dass sie sich nicht isoliren liessen; den Risorius Santorini häufig fehlend; den Triangularis und Quadratus menti in einem Falle nebst dem Platysma ganz fehlend, dafür aber den Levator menti übermässig entwickelt: den Triangularis allein häufig fehlend; das Platysma hypertrophisch bei Leuten, welche sehr schwere körperliche Arbeit verrichten, z. B. bei Schmieden, Holzhauern u. s. w., weil diese Leute bei jedem mit Energie geführten Schlage das Platysma anzuspannen pflegen. Schlecht entwickelt, oder ganz fehlend habe ich endlich das Platysma bei schwächlichen Individuen mit sitzender Lebensweise gefunden, z. B. bei Schneidern [1]).

Die einzelnen für die Gesichtsmuskeln bestimmten Zweige des N. facialis anlangend, setzt die Reizung der Aestchen für die **Mm.**

---

[1]) In Bezug auf die nachstehenden bildlichen Darstellungen der Wirkung einzelner Gesichtsmuskeln bemerke ich noch, dass bei den einseitig gereizten Muskeln der mimische Effekt für den Beschauer nur dann deutlich hervortritt, wenn die nicht gereizte Gesichtshälfte bis zur Medianlinie (etwa mit einem Kartenblatte) bedeckt wird. Der Holzschnitt kann natürlich die Feinheiten der Photographie nicht wiedergeben,

attrahentes auriculae und den **M. attolens auricul.** (vordere Partie), welche am besten auf dem Jochfortsatz des Schläfenbeins geschieht (vergl. Tafel), Erhebung der Concha nach oben und gleichzeitig etwas nach vorne. Die unvermeidliche Reizung der sensiblen Elemente des N. auriculo-temporalis wird einigermaassen durch starkes Aufdrücken der Elektrode paralysirt.

M. frontalis lässt sich stets isolirt auf extramuskulärem Wege zur Contraction bringen, da der Facialiszweig, welcher ihn innervirt, bevor er in seine Endzweiglein zerfällt, eine grosse Strecke weit — durch die Schläfe herab bis auf den Jochbogen — freiliegt (vergl. Tafel). Der Frontaliszweig entspringt gewöhnlich mit dem zu den Mm. attrahentes et attolens auriculae ziehenden Zweige gemeinsam aus einem grösseren Aste des N. facialis, wie auf der Tafel zu bemerken.

Dass man auch durch Aufsetzen der Elektrode auf den M. frontalis eine Verkürzung desselben erzielen könne, ist selbstverständlich, jedoch fällt die Contraction lange nicht so vollständig und exact aus wie bei der extramuskulären Erregung seines Facialiszweiges. Ferner behindert die aufgesetzte Elektrode nicht allein die freie Bewegung des Muskels und der Haut, sondern bewirkt auch ihrerseits Verschiebungen und Faltenbildungen in der Haut, welche den klaren Einblick in die Function des Stirnmuskels ungemein stören.

Durch die isolirte Contraction des Stirnmuskels wird, wie Fig. 34 zeigt, die Haut der Stirne in horizontale, in der Mittellinie etwas nach unten eingebogene Falten gelegt, welche um so tiefer und zahlreicher ausfallen, je älter das Individuum ist, welche dagegen bei kindlichen Individuen sehr spärlich und flach hervortreten. Ausser der Querfaltung der Stirnhaut tritt eine Verziehung der Haut der Margines supraorbitales, der Glabella und in geringem Grade auch der oberen Augenlider nach oben ein, sodass die Augenbrauen etwa in der Gegend der Arcus superciliares zu stehen kommen und die oberen Augenhöhlenränder fingerbreit von glatter haarloser Haut bedeckt erscheinen. Der durch diese Muskelaction hervorgebrachte mimische Ausdruck

---

immerhin erhält man aber durch denselben doch eine Vorstellung von der mimischen Wirkung. Für Diejenigen, welche diesen Studien genauer nachgehen wollen, sei bemerkt, dass die lebensgrossen photographischen Darstellungen der menschlichen Mimik, welche ich im Jahre 1882 auf der elektrischen Ausstellung in München vorgeführt habe, in einem Atlas gesammelt im Buchhandel erscheinen werden.

wechselt je nach der Intensität der Reizung zwischen Aufmerksamkeit, Erstaunen, höchster Ueberraschung und Entsetzen (Muscle de l'attention, et par ses combinaisons muscle de la surprise, de l'ad-

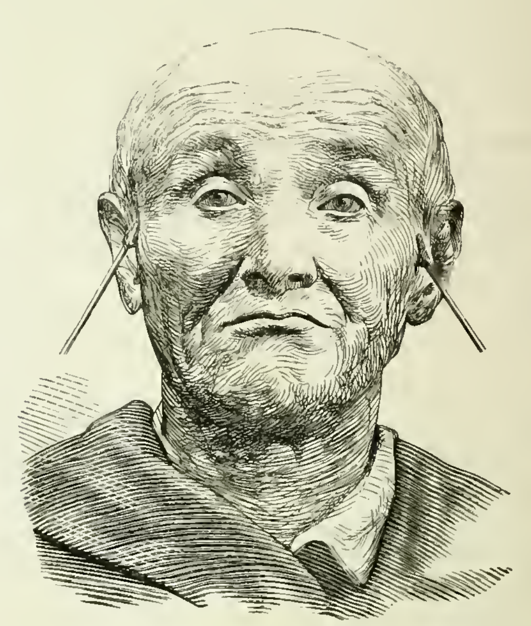


Fig. 34.
Musculus frontalis.

miration, de l'effroi, Duchenne), jedoch bedarf der Ausdruck, um nicht fade zu erscheinen, wie dies auf Fig. 34 entschieden der Fall ist, der Mitwirkung anderer Gesichtsmuskeln, z. B. des M. zygomat. major (freudiges Erstaunen), des Zygomaticus minor (schmerzliche Ueberraschung) u. A.

Personen, welche an Lähmung des M. levator palpebr. super. leiden, nehmen den M. frontalis behufs Hebung des oberen Augenlides ungewöhnlich stark in Anspruch. In zwei von mir beobachteten Fällen von angeborener Lähmung resp. Mangel beider Mm. levatores palpebr. super., welche merkwürdigerweise Mutter und Sohn betrafen, konnte ich eine beträchtliche Hypertrophie der Mm. frontales constatiren.

M. corrugat. supercilii (Fig. 35) ist ebenfalls der extramuskulären Reizung zugänglich, da sich sein Facialiszweig (nicht selten existiren

deren zwei) schon in ziemlich grosser Entfernung von dem Muskel isoliren lässt (vergl. Tafel). Wegen der Nähe der zu dem M. orbicularis palpebr. ziehenden Nervenzweige, welche unmittelbar unter dem Corrugator-Aestchen hinlaufen, ist eine direkte Erregung des M. corrugator bei manchen Personen nicht ausführbar.

Die Contraction des Corrugator bewirkt eine Abflachung und Depression der Augenbrauen und ihrer Basis nach innen und unten, sodass das Auge von oben und aussen her beschattet wird und

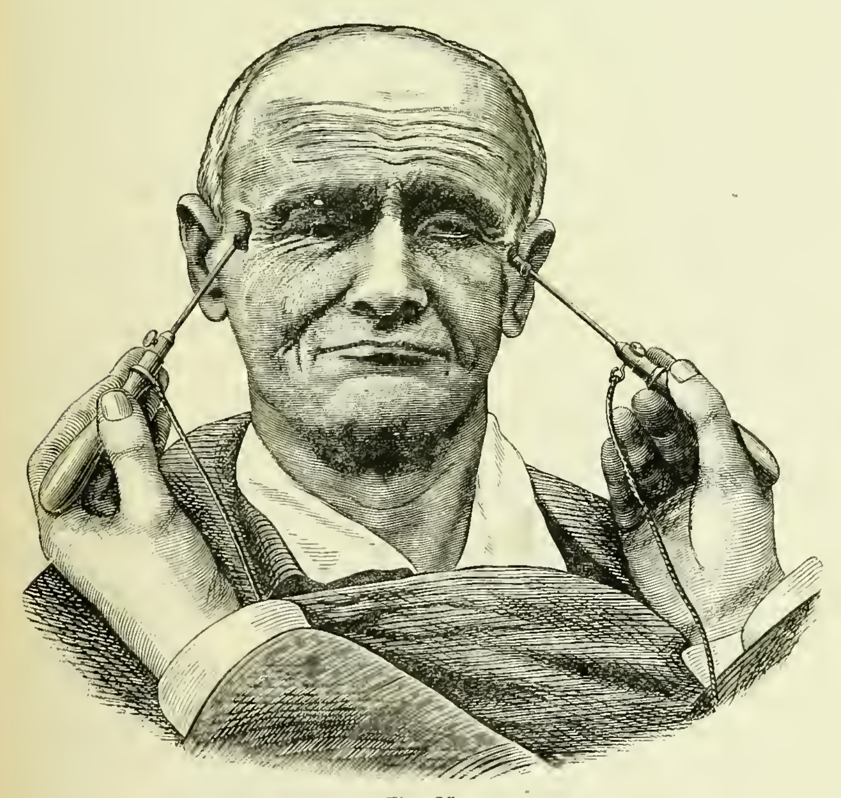


Fig. 35.

M. corrugator supercilii.

schliesslich die Augenbrauen das obere Augenlid bedecken. Gleichzeitig hebt die mediale Zacke des Muskels den inneren Theil der Augenbrauen nach oben und innen zur Stirne empor, wodurch bei doppelseitiger Reizung die Haut auf der Glabella in verticale Falten gelegt wird.

Der Corrugator vermittelt den Ausdruck des Nachdenkens, des Ernstes, des Schmerzes und des Zorns; sein mimischer Effekt kann vom ästhetischen Standpunkte aus mit Fug und Recht als der ausdrucksvollste unter Allen bezeichnet werden.

M. orbicularis palpebrarum. Der oberflächliche Verlauf des motorischen Nerven gestattet, wie bei den Vorhergehenden, eine extramuskuläre Reizung. Dieselbe kann entweder auf dem Jochbein oder weiter nach aussen nach der Parotis zu geschehen (vergl. Tafel). In der Nähe des Augenhöhlenrandes zerfällt der Nerv gewöhnlich in einen oberen und einen unteren Zweig, welche der oberen und unteren Hälfte des Muskels entsprechen. Die Reizung des Nerven vor seiner Theilung schliesst das Auge fest und legt die Haut der Augenlider in zahlreiche Falten. Nach der mimischen Gesammtwirkung des M. orbicularis palpebr. bezeichnet ihn Duchenne als Muscle du mépris et complémentaire du pleurer.

In der Nähe der Augenhöhle ist in Betreff der Stromstärke Vorsicht nöthig, da, wie oben bemerkt, schwache elektrische Ströme bei manchen Individuen lebhafte Lichterscheinungen hervorrufen. Dies gilt jedoch nicht von den inducirten, sondern nur von den galvanischen Strömen. Schwache inducirte Ströme kann man ohne Nachtheil sogar auf Conjunctiva und Augenmuskeln localisiren, jedoch ist diese Procedur schmerzhaft und von Röthung der Conjunctiva und lebhafter Thränensecretion gefolgt.

M. malaris s. **orbicularis malaris** (Henle), zwei glatte langausgezogene Muskelbündelchen, welche nach Henle[1]) ein Theil des M. orbicul. oculi, über dem Schläfenbogen von der Galea und von der Nasenwurzel entspringend und in bogenförmigem Verlaufe sich kreuzend in der Haut der Wange sich inseriren, kann man mittelst eines schwachen Stromes meistentheils sehr schön zur Anschauung bringen. Das äussere stärkere Bündel, welches von der Galea entspringend und Fasern aus dem M. corrugator supercilii aufnehmend ziemlich senkrecht über das Jochbein herabläuft, lässt sich auf dem letzteren (der Ort wechselt) durch zartes Aufsetzen der Elektroden reizen; es legt durch seine Verkürzung die Schläfenhaut in der Nähe der Augenhöhle in feine Falten, welche nach dem äusseren Augenlidwinkel hin zusammenlaufen. Gewöhnlich wird hierbei die äussere Hälfte der

---

[1]) Henle, Anatomie des Menschen. Bd. I. S. 143.

Augenbrauen (weil ein Theil der Malarisfasern aus dem M. corrugator stammt) etwas herabgezogen und die Wangenhaut gehoben. Gleichzeitig verkürzt sich gewöhnlich auch das von der Nasenwurzel zur Wangenhaut herabziehende Bündelchen des M. malaris und bewirkt eine Verkürzung und Fältelung der Haut längs des unteren Orbitalrandes.

Die Contraction des äusseren Bündelchens verleiht dem Gesicht einen freundlichen, wohlwollenden, oft schalkhaften Ausdruck; sie ist eine fast constante Begleiterin der Contraction des M. zygomaticus major. Duchenne, der diese Muskelbündel noch als Orbicularis palpebr. inf. auffasst, bezeichnet sie vom mimischen Gesichtspunkte als Muscle de la bienveillance.

M. zygomaticus major ist meistentheils der extramuskulären Reizung zugänglich, jedoch ist eine isolirte Erregung seines Facialiszweiges nur in der nächsten Nähe des Muskelursprunges am unteren äusseren Jochbeinrande (vergl. Tafel) ins Werk zu setzen, da weiter

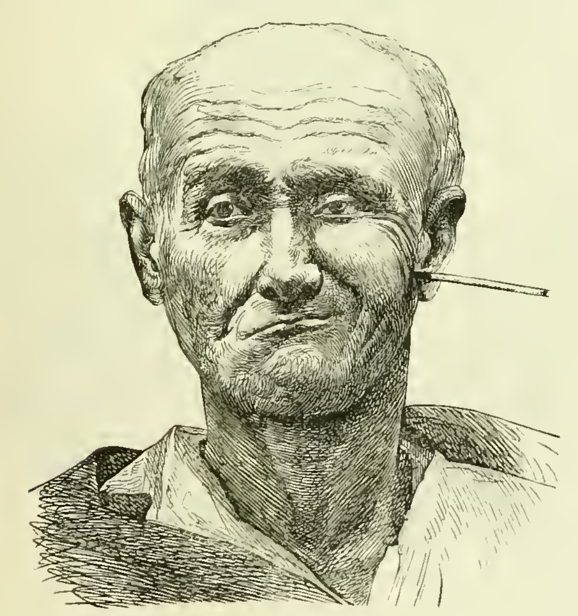


Fig. 36.
M. zygomaticus major (einseitig).

nach der Parotis hin eine gleichzeitige Reizung des gewöhnlich von demselben Aste abtretenden Zweiges für den unteren Theil des M. or-

bitalis, sowie weiterhin des für den Sphincter palpebr. bestimmten Zweiges nicht zu vermeiden ist.

Die Reizung des Zygomaticuszweiges gewinnt dadurch, dass das Jochbein dem Druck der Elektrode eine sichere Basis bietet, ausserordentlich an Sicherheit; es wird dadurch bei der leicht bestimmbaren Lage des Nerven die Erregung des M. zygomaticus major die leichteste unter den Gesichtsmuskeln und dürfte selbst dem Ungeübten kaum misslingen.

Durch die Verkürzung des M. zygomat. major wird der Mundwinkel und der anstossende Theil der Oberlippe nach aussen und oben verzogen, und die Haut der Wange in tiefe, nicht parallel, sondern

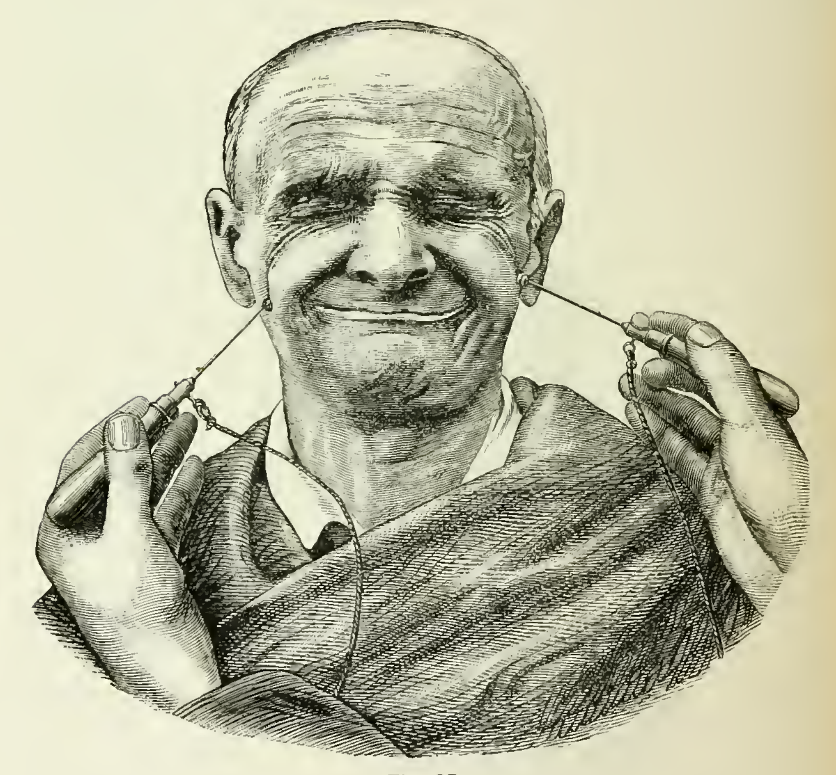


Fig. 37.
M. zygomaticus major (doppelseitig).

theils nach dem Nasenflügel, theils nach der Nasenwurzel zu bogenförmig verlaufende Falten gelegt. Wird gleichzeitig der oben erwähnte, zum M. orbicularis oculi (unterer Umfang) verlaufende Nervenzweig

gereizt, wie dies bei manchen Individuen gar nicht zu umgehen ist (vergl. Fig. 37), so wird ausserdem auch die Haut am untern Augenhöhenrande in lange feine Falten gelegt, welche fast radiär nach dem innern Augenwinkel zusammenlaufen.

Der M. zygomaticus major verleiht dem Gesicht den Ausdruck der Heiterkeit, welcher sich je nach der Intensität der Contraction vom zartesten Lächeln bis zum ausgelassensten Lachen, ja bis zur Carricatur steigern kann (Muscle de la joie, Duchenne). Fig. 36 giebt diesen mimischen Effekt einseitig, Fig. 37 doppelseitig wieder.

Es concurriren übrigens bei dem Ausdrucke der Heiterkeit, wie schon oben bemerkt, der M. malaris und orbicularis oculi. Die Combinationen des mimischen Effektes des M. zygomaticus major mit anderen Muskeln sind ausserordentlich mannigfaltig. Sie verleihen den Physiognomien von Individuen lebhaften und heiteren Temperaments, besonders Kindern und jungen Mädchen, jenen rasch, oft geradezu kaleidoskopisch wechselnden Ausdruck, der, besonders in Verbindung mit dunkler Irisfarbe, glänzender Cornea, feinem Teint und regelmässiger Gesichtsbildung den Begriff des Schönen, Seelenvollen, Liebenswürdigen verkörpert.

Dabei kann der Eindruck des Heitern, Fröhlichen oft nur als Charakteristik des allgemeinen Inhaltes der Vorstellungen dem Gesammtausdrucke nebensächlich beigemischt sein, während der Hauptausdruck ein anderer sein kann, z. B. der des Erstaunens freudiger Natur (M. frontalis mit M. zygomat. major), des tiefen Nachdenkens mit heiterm Inhalt (M. corrugator supercilii mit M. zygomat. major), des Schnippischfreundlichen (M. levator menti mit M. zygomat. major).

M. zygomaticus minor ist gewöhnlich isolirt zu erregen, jedoch, wie es mir scheint, meistentheils durch intramuskuläre Faradisirung, da der M. zygomat. major die Eintrittstelle seines motorischen Nerven deckt. Die zweckmässigste Stelle der Reizung ist (vergl. Tafel), der untere Rand des Jochbeins unmittelbar an dessen Verbindung mit dem Oberkieferbein. Die Reizung ist immer von lebhaftem Schmerze begleitet, weil man hier auf die Ausbreitungen des N. infraorbitalis trifft; die Wirkung ist Hebung der Oberlippe nach oben und etwas nach aussen.

Der mimische Ausdruck, den die Contraction des M. zygomat. minor erzeugt, ist der der Missstimmung und des Schmerzes (Muscle du pleurer modéré et du chagrin, Duchenne).

Auch dieser Muskel ist in unendlich vielen Varianten bei der Mimik thätig, theils für sich allein in den verschiedenen Graden des leisesten Missbehagens bis zu dem höchsten Grade des Unwillens und



Fig. 38.
M. zygomaticus minor.

des Aergers, theils mit anderen Muskeln zusammen combinirte Effekte bildend, z. B. mit M. frontalis (unangenehme Ueberraschung), mit Corrugator supercilii (Nachdenken über eine fatale Geschichte) u. s. w.

M. levator labii superioris proprius ist sowohl wegen seiner tiefen Lage, als besonders wegen der excessiven Schmerzhaftigkeit der Reizung — der N. infraorbitalis breitet sich hinter dem Muskel aus — nicht immer mit Sicherheit zu isoliren. Er hebt intramuskulär gereizt (vergl. Tafel) die Oberlippenhälfte fast senkrecht in die Höhe und entblösst dadurch zuweilen die Zähne.

Der mimische Ausdruck ist der einer weinerlichen Stimmung (Muscle du pleurer, Duchenne).

M. levator labii super. alaeque nasi ist stets an der auf der Tafel angegebenen Stelle isolirt zu reizen, jedoch nur unter lebhaften Schmerzen Seitens der Ausbreitung des N. infraorbitalis, naso-

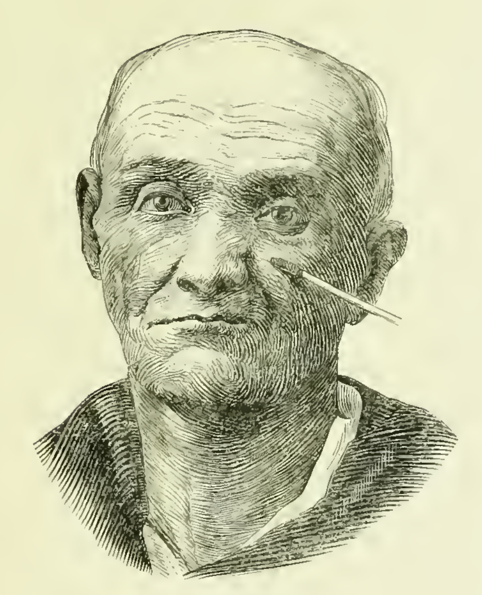


Fig. 39.
M. labii superioris proprius.

ciliaris u. A. — Seine Wirkung ist, wie der Name besagt, Hebung der Oberlippe und des Nasenflügels.

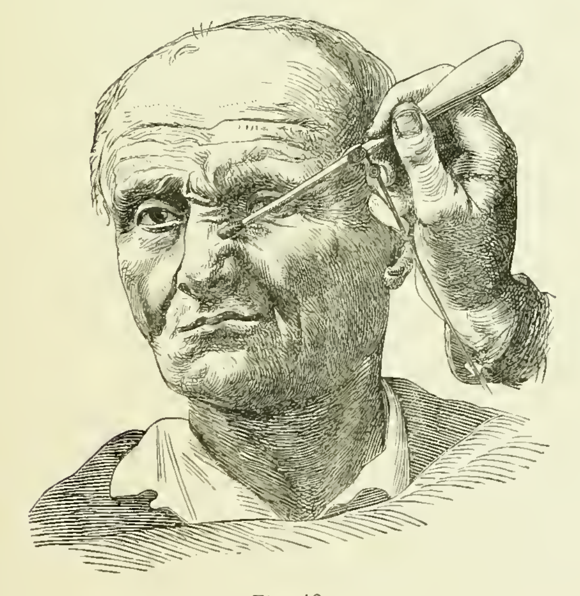


Fig. 40.
M. levator labii super. alaeque nasi.

Der Muskel verleiht in der Verkürzung, wie der vorhergehende, dem Gesicht den Ausdruck der weinerlichen Stimmung (Muscle du pleurer et du pleurnicher, Duchenne). Dieser Ausdruck wird bei intensiver Reizung leicht zur Grimasse.

M. compressor nasi et **M. pyramidalis nasi.** Diese beiden kleinen Muskeln können hier füglich zusammengefasst werden, da eine faradische Reizung an der auf der Tafel angegebenen Stelle eine gleichzeitige energische Contraction beider verursacht. Es zeigt sich alsdann eine Einfältelung der Nasenhaut auf der entsprechenden Seite in der Weise, dass die Falten parallel mit dem Nasenrücken verlaufen. Durch die Verkürzung des Pyramidalis wird ferner die Haut der Glabella durch Anspannung derselben nach unten geglättet, der innere Theil der Augenbrauen wird nach unten und innen gezogen und auf der Nasenwurzel entstehen einige kurze dicke Falten, welche bei doppelseitiger Reizung eine horizontale Richtung haben, bei einseitiger Reizung dagegen mehr eine schräge, nach der gereizten Seite herabziehende Richtung besitzen.

Je nachdem man von der auf der Tafel bezeichneten Stelle aus mit der Elektrode etwas hinauf- oder herabrückt, kann man den Pyramidalis oder den Compressor nasi isolirt zur Contraction bringen.

Die Contraction des M. compressor nasi verleiht nach Duchenne dem Antlitz den Ausdruck der Lüsternheit (Muscle de la lascivété, de la lubricité), welche Angabe ich zutreffend finde, während ich mit der Angabe desselben Autors, dass der Pyramidalis als „Muscle de l'agression, de la méchanceté“ fungire, nicht einverstanden bin.

Im Allgemeinen spielen Compressor und Pyramidalis nasi eine mimische Rolle nur bei den niederen Leidenschaften gemeiner Naturen und man kann im Allgemeinen sagen, dass diese Muskeln in der Mimik eines feingebildeten, sittenreinen Menschen functionell fehlen.

Mm. dilatator narium anterior und **posterior** sind bei manchen Personen sehr kräftig, bei anderen dagegen schwach oder gar nicht entwickelt. Man reizt sie durch direktes Aufsetzen auf ihre Substanz an den auf der Tafel bezeichneten Stellen, wobei eine kräftige Hebung des Nasenflügels und Erweiterung des Nasenloches nach aussen (M. dilatat. posterior) oder eine schwächere nach der Medianlinie hin (M. dilatat. anterior) zu Tage tritt. Zuweilen fand ich den für diese kleinen Muskeln bestimmten Facialiszweig unmittelbar unter dem für den M levator labii superior. alaeque nasi bezeichneten motorischen

Punkte, dessen Reizung alsdann eine gemeinsame Action beider Dilatatoren zur Folge hatte.

Die elektrische Reizung aller genannten, an der Nase und in der Nähe des Foramen infraorbitale liegenden Muskeln ist, wie schon mehrfach erwähnt, sehr schmerzhaft durch den enormen Reichthum de' Haut an Trigeminusfasern. Man bediene sich deshalb nur schwache Ströme: man verhindert dadurch die störenden Mitbewegungen benachbarter Muskeln und kommt eher zum Ziele als durch stärkere Ströme.

Man findet übrigens bei der Exploration vieler Individuen manche, welche relativ unempfindlich und deshalb für die einschlägigen Studien besonders geeignet sind. Jedenfalls am geeignetsten ist das Operiren an Individuen mit Trigeminus-Anästhesie, deren ich eine ziemliche Anzahl beobachtet habe, und auch an chloroformirten Personen, und zwar hauptsächlich deshalb, weil hier alle sonst durch den Schmerz, die Aufmerksamkeit u. s. w. bedingten Mitbewegungen anderer Muskeln ganz in Wegfall kommen, und das Gesicht, abgesehen von dem künstlich hervorgerufenen Effekte in voller mimischer Ruhe verharrt.

M. orbicularis oris. Die Facialiszweige dieses Ringmuskels treten von vier Seiten an denselben heran, nämlich auf jeder Gesichtshälfte je einer an die Ober- und Unterlippe. Man braucht also vier Elektroden, um den Sphincter oris zur completen Verkürzung zu bringen. Die Nervenzweige sind nur ganz in der Nähe des äusseren Randes des Muskels zu isoliren; zuweilen gelingt es aber auch hier nicht, und man muss sich alsdann mit der directen Muskelreizung begnügen. Reizung eines Nerven hat fast immer nur die Verkürzung der entsprechenden Hälfte der einen Lippe zur Folge. Selten und nur bei stärkerem Strome breitet sich die Contraction auch auf die Muskelfasern der anderen Lippenhälfte aus.

Der Effect der faradischen Contraction des ganzen Sphincter oris ist Verkürzung der Lippen mit feiner Faltung der Haut und des rothen Lippensaums sowie Vorschiebung der zugespitzten Lippen. Ob hier eine Action der Mm. incisivi mit ins Spiel kommt, wage ich nicht zu entscheiden.

M. buccinator. Seine Nerven haben einen wandelbaren Verlauf und werden am besten am inneren Rande des M. masseter aufgesucht; zuweilen freilich gelingt es schon an der Parotis, dieselben zu reizen, jedoch werden alsdann die für den Sphincter oris bestimmten stets mitbetroffen und man erhält eine gleichzeitige Verkürzung des

Buccinator und der betreffenden Hälfte der Ober- und Unterlippe. Die Wange erscheint alsdann an die Zähne gepresst, die Haut derselben in verticale Falten gelegt, die Ober- und Unterlippenhälfte verkürzt, an die Zähne gedrückt, erheblich nach der gereizten Seite hin verzogen.

Instructiver ist die Reizung des Buccinator von der Mundhöhle aus. Hier wird die Schleimhaut stark gefaltet, die Wange straff verkürzt und an die Zahnreihen gepresst.

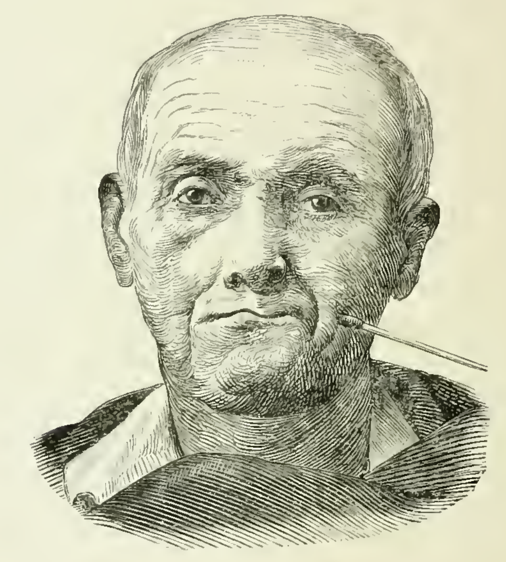


Fig. 41.
M. buccinatorius.

Dass dem Buccinator eine bestimmte mimische Function zukomme, möchte ich bezweifeln, doch wirkt er sicher bei complicirten mimischen Actionen, z. B. bei dem Ausdruck der Strenge, des Herben, der Entschlossenheit mit. Die Auffassung Duchenne's, der ihn Muscle de l'ironie nennt, kann ich nicht theilen.

M. triangularis menti erhält seinen Nervenzweig gewöhnlich aus einem Stämmchen, welches auch dem M. mentalis ein Aestchen sendet. So kommt es, dass man an der auf der Tafel als „Ram. communis pro Mm. triangulari et levatore menti“ bezeichneten Stelle die Elektrode aufsetzend beide genannten Muskeln gleichzeitig in Contraction versetzt. Der Nervenzweig des M. triangularis läuft nun von

hier aus nach innen und etwas nach unten und lässt sich auf dieser kurzen Strecke bis zum äussern Rande seines Muskels (auf der Tafel als M. triangularis menti bezeichnet) isoliren. Man muss hiebei suchen, den Nerv gegen den Rand des Unterkiefers zu drücken, weil alsdann die Verkürzung am exactesten erfolgt.

Der M. triangularis zieht bei seiner Verkürzung den Mundwinkel und den äusseren Theil der Unterlippe nach unten und stark nach aussen, wodurch die Mundspalte bedeutend verbreitert, aber nicht geöffnet wird. Die isolirte Verkürzung beider Triangulares erzeugt eine Grimasse; in Verbindung mit anderen, den Ausdruck des Schmerzes vermittelnden Muskeln, z. B. levat. labii sup. prop., levat. labii sup. alaeque nasi wirken sie häufig beim Weinen mit, machen aber immer einen unschönen, grimassenhaften Effect. Duchenne's Bezeichnung „Muscle de la tristesse et complémentaire des passions agressives" ist nach meiner Beobachtung nicht ganz zutreffend, insofern diese Action nur bei unästhetischen Naturen zum Ausdruck kommt.

M. quadratus menti muss gewöhnlich direct gereizt werden, da

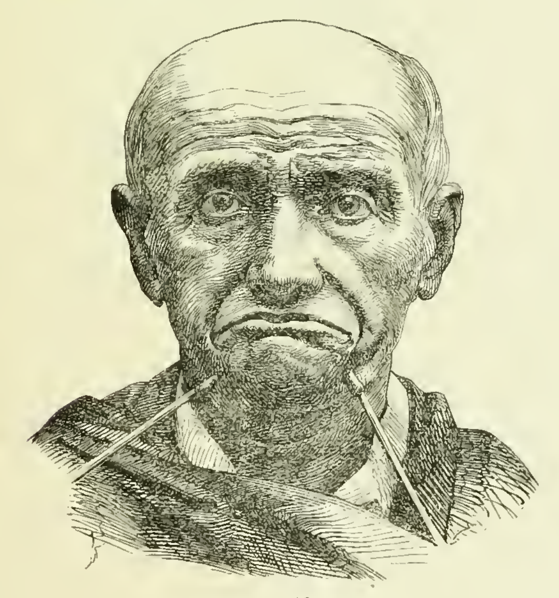


Fig. 42.
M. quadratus menti.

es nur gelingt, seinen Facialzweig zu isoliren, wenn zwischen Triangularis und Quadratus eine Lücke bleibt, in welcher der Nerv am

Kieferrande isolirt werden kann. Nur sehr selten findet man den betreffenden Facialzweig nach aussen vom äussern Rande des Triangularis isolirt.

Der M. quadratus menti zieht die entsprechende Hälfte der Unterlippe nach unten und etwas nach aussen, und presst dieselbe dabei kräftig an die Zähne an. Diese Action verleiht beiderseits ausgeführt den Ausdruck des Hochmuthes, der Vornehmthuerei, und concurrirt hierin einigermassen mit der Wirkung des M. levator menti.

M. levator menti lässt sich nicht selten auf extramuskulärem Wege in Verkürzung setzen, da sein Nervenzweig nach der oben angeführten Trennung vom Nerv des M. triangularis sich eine kurze Strecke isolirt verfolgen lässt. Sicherer geht man durch directes Aufsetzen der Elektrode auf die Muskelsubstanz am innern Rande des M. quadratus.



Fig. 43.
M. levator menti (Profil-Ansicht).

Führt man die Reizung des M. levator menti durch zwei feine Elektroden aus — bei manchen Personen genügt das Aufsetzen einer Elektrode auf der Mittellinie des Kinnes für beide Levatores (vgl. Fig. 43 u. 44) — so wird durch die Verkürzung dieser kleinen, aber

kräftigen Muskeln die Rundung des Kinnes abgeflacht und verbreitert, die Kinnhaut in die Höhe und die Unterlippe nach vorne geschoben, so zwar, dass die letztere sich nach vorne überwölbt und den rothen

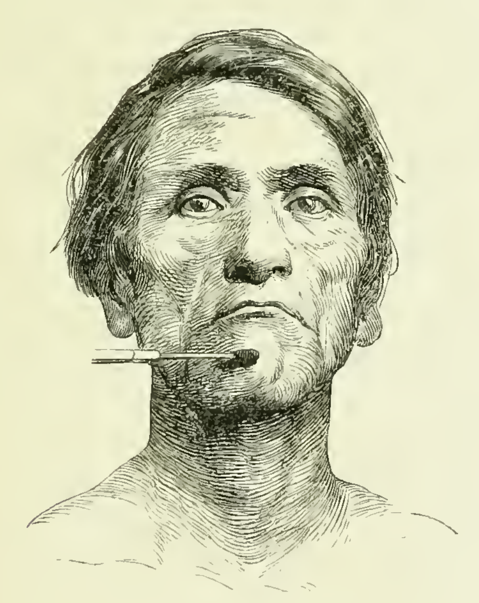


Fig. 44.
M. levator menti (Voll-Ansicht).

Lippensaum in grösserer Ausdehnung präsentirt. Den Levator menti kann man wohl als den Dolmetsch des gehobenen Selbstbewusstseins bei Gelehrten, Bureaukraten, Aristokraten (Geheimraths-Muskel) bezeichnen.

M. masseter und **M. temporalis** kann man wegen tiefen Eintritts ihrer motorischen Nerven (vom Ram. crotaphiticobuccinat. N. trigemini) nur durch intramuskuläre Reizung in Contraction versetzen, indem man die Elektrode auf die Muskelbäuche oberhalb des Eintrittes oder Verlaufes der motorischen Nerven ansetzt.

Für den Masseter ist die Incisura semilunaris zwischen Proc. coronoid. und condyloid. mandibulae, als Eintrittsstelle des N. massetericus, der geeignetste Ort.

Am M. temporalis ist die eine Elektrode am hintern, die andere am vordern Abschnitte aufzusetzen, entsprechend dem Verlaufe des Ram. temporalis prof. anterior und posterior.

Der Effekt der intramuskulären Reizung, welche übrigens auch schon durch eine mit grosser Contactfläche versehene Elektrode jederseits ausgeführt hinreichend kräftig ausfällt, ist bei geöffnetem Munde ein energisches Heranziehen des Unterkiefers an den Oberkiefer mit Klappen der Zahnreihen.

Von der Muskulatur der **Mundhöhle** ist zunächst die **Zungenmuskulatur** allseitig der direkten Reizung zugänglich. Die Zunge, auf einer Seite gereizt, verkürzt und verbiegt sich nach dieser Seite hin. Reizt man die nach oben und hinten geschlagene Zunge an der untern Fläche, so wird sie herabgezogen.

Das **Velum** lässt sich durch seitliche Reizung nur wenig verziehen, dagegen ist eine Verkürzung und Dislocation desselben nach hinten und oben bis zum vollständigen Verschluss des Eingangs zum Nasenrachenraum durch mittelkräftige Ströme leicht herzustellen, wenn man zwei Elektroden in Anwendung zieht.

Der **M. azygos uvulae** lässt sich auf direktem Wege reizen, indem man die feine Elektrode gegen die Basis des Zäpfchens leise andrückt. Die Wirkung ist höchst komisch. Die Uvula schnurrt in sich und nach oben dergestalt zusammen, dass von ihr nur ein von Schleimhautfalten umsäumtes Knöpfchen am Rande des Velum übrig bleibt.

Der **M. constrictor pharyngis superior** ist ebenso der direkten Faradisirung zugänglich, als der **medius** und **inferior.** Localisirt man den Strom mittelst einer feinen langen Elektrode auf die hintere Rachenwand und zwar seitlich, so bemerkt man nach dem Schlusse der Kette eine kräftige Verziehung der gesammten Schleimhaut der hinteren Rachenwand nach der gereizten Seite. Bei Anwendung zweier Elektroden an den Seitenwänden contrahirt sich der Gesammtmuskel ziemlich lebhaft.

Hals.

Um sich mit den complicirten Lageverhältnissen der Nerven und Muskeln am Halse vertraut zu machen, thut man wohl, zuerst magere Erwachsene zu Versuchspersonen zu wählen, welche eine breite, nicht mit Fett gefüllte Fossa supraclavicularis und entweder gar kein Pla-

tysma oder doch nur ein schwach entwickeltes besitzen. Dem Kopfe gebe man eine Achtelsdrehung nach der entgegengesetzten Seite zu und experimentire jedesmal genau bei derselben Stellung des Kopfes.

M. subcutaneus colli wird sowohl von Seiten des N. communicans faciei als auch des Plexus cervicalis innervirt. Man ist deshalb genöthigt, um eine complete Contraction zu erzielen, die positive Elektrode zu Hülfe zu nehmen. Die letztere wird alsdann für die vom 3. Cervicalnerven stammenden Nn. subcutanei colli (med. et inf.) verwandt, deren Verlauf wandelbar ist, deren Reizung aber am besten am inneren Rande des M. sternocleidomastoid. (ungefähr in seiner Mitte, vergl. Tafel) vorgenommen wird. Die negative Elektrode wird für die Rami subcutan. colli N. facialis (vergl. Tafel) verwerthet.

Der Effekt, welcher bei manchen Individuen (wohl wegen gedrängter Lage der motorischen Nerven) besonders schön, bei anderen dagegen weniger gut hervortritt, ist höchst eigenthümlich. Der Hautmuskel stellt nämlich in verkürztem Zustande eine Ebene her zwischen dem Unterkieferrande und dem oberen Theile der Brustwand mit nach aussen und unten herablaufenden Furchen. Zugleich wird durch die in der Unterlippe endenden Fasern des Platysma — der M. quadratus menti ist im Grunde nur eine Fortsetzung, ein accessorischer Bauch des Subcutan. colli — die Unterlippe nach aussen herabgezogen, so zwar, dass bei intensiver Reizung die Zähne entblösst werden.

Die Angabe von Duchenne, dass der Subcutaneus colli bei grossen Gemüthsaffecten, Wuth, Schrecken, Entsetzen u. s. w. mit anderen Affectmuskeln gleichzeitig contrahirt werde (Muscle de la frayeur, de l'effroi et complémentaire de la colère), ist zutreffend und leicht demonstrirbar, wenn man zu der beiderseitigen Reizung des Platysma gleichzeitig auch die Reizung der Mm. frontales oder corrugatores superciliorum hinzufügt. Duchenne hat von dieser sensationellen Combination der mimischen Action der Subcutanei colli mit der der Frontales, der Corrugatores etc. zahlreiche Darstellungen in seinem photographischen Atlas gegeben, von denen seiner Zeit einige der krassesten (z. B. der „Gefolterte") sogar in die „Gartenlaube" übergegangen sind.

Der **Nerv. accessorius Willisii** (Ram. extern.) ist stets und selbst für Ungeübte mit grosser Leichtigkeit zu isoliren, da er nach seinem Austritte hinter dem M. sternocleidomastoideus und nach Ab-

gabe der für denselben bestimmten Aeste auf seinem ganzen Verlaufe zum M. cucullaris oberflächlich gelegen ist (vergl. Tafel). Seine Reizung oberhalb des Abgangs der Kopfnickeräste bietet ebenfalls keine Schwierigkeiten und hat auf der Mitte der oberen Hälfte des M. sternomast. durch kräftiges Eindrücken in die Dicke des Muskelbauches zu geschehen (vergl. Tafel). Wenn diese Stelle nicht anspricht, thut man gut, die Elektrode hinter den Bauch des Muskels vom äussern Rande her in der angegebenen Höhe einzuschieben. Der Effekt der Faradisirung des Nerven au diesen Stelleu ist selbst beim Gebrauch einer feinen Elektrode ein ausgezeichnet präciser und besteht in einer gleichzeitigen Verkürzung des Kopfnickers und des Cucullaris. Die Halswirbelsäule wird gebeugt, der Unterkiefer vorgeschoben, zugleich aber der Kopf so um seine Axe gedreht, dass das Gesicht nach der der gereizten Stelle entgegengesetzten Seite zu steheu kommt. Daneben wird die Schulter stark gehoben und das Acromion dem Processus mastoideus genähert.

M. sternocleidomastoideus lässt sich durch Reizung seiner Accessoriusäste allein in kräftige Contraction versetzeu, indem man von der oben bezeichneten Reizungsstelle des Accessoriusstammes mit der Elektrode etwas herunterrückt. Schon bei schwachen Strömen ist der Effekt hier ein sehr schöner.

Will man auch die aus dem Plex. cervicalis zum Kopfnicker tretenden Aeste mit demselben Strome reizen, so drückt man die positive Elektrode ½″ unter der ersten hinter oder auf den Muskelbauch (vergl. Tafel). Diese letzte Procedur ist indessen — abgesehen davon, dass die Cervicaläste ziemlich unwesentlich für die complete Verkürzung sind — nicht sehr zu empfehlen, weil hierbei meist eine Reizung des N. auricularis magnus und der Nn. cervicales superficiales (N. cerv. III.), wo sie sich um den äusseren Rand des Kopfnickers herumschlagen, nicht zu vermeiden ist.

Die durch einseitige Reizung gesetzte Verkürzung eines M. sternocleidomastoideus erzielt folgenden Effekt:

Das Gesicht wird nach der entgegengesetzten Seite gedreht, die Halswirbelsäule nach vorne gebogen, der Processus mastoideus resp. das Ohr der gereizten Seite wird dem Sternalende der entsprechenden Clavicula genähert. Fig. 45 zeigt den Effect der Reizung mit einem ziemlich schwachen Strome, welcher die Muskelwirkung am besten hervortreten lässt.

Die beiderseitige Contraction des Kopfnickers bewirkt durchaus kein Kopfnicken, d. h. eine Annäherung des Kinnes an das Brust-

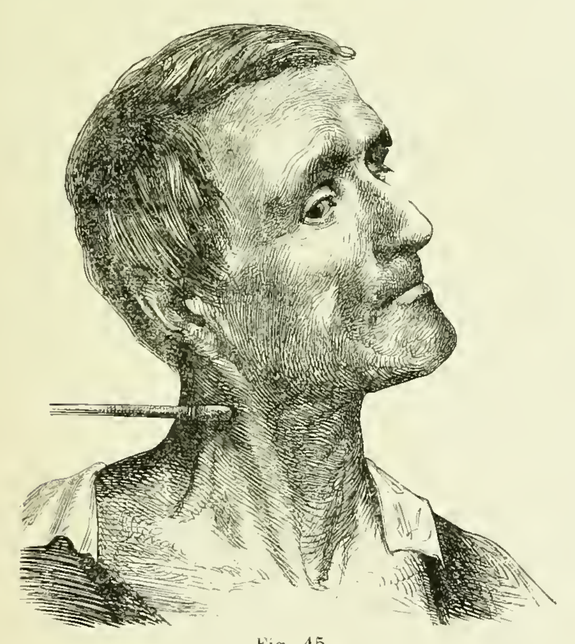


Fig. 45.
M. sternocleidomastoideus.

bein, sondern vielmehr eine Vorschiebung des Gesichts mit Erhebung des Kinnes neben starker Beugung der Halswirbelsäule.

Der **M. cucullaris** erlangt schon durch schwache Reizung des Endastes des N. accessorius, welcher sich in ihm ausbreitet, einen hohen Grad von Verkürzung. Wegen seiner oberflächlichen Lage ist der Nerv überaus leicht erregbar, und man thut deshalb im Anfange wohl, die für das Operiren an den Gesichtsmuskeln benutzte Stromstärke in Anwendung zu ziehen, was sich übrigens anch wegen der schwer zu vermeidenden und sehr schmerzhaften Läsion des N. auricularis magnus sehr empfiehlt.

Die Contraction des M. cucullaris wird noch vervollständigt, wenn man gleichzeitig mit der positiven Elektrode den circa $^1/_2$″ unter dem N. accessorius in den Muskel eintretenden Cervicalast reizt. Es erfolgt nun entweder eine Erhebung der Schulter nach hinten oben mit

Heranziehung der Scapula an die Wirbelsäule, oder ein Herabziehen des Kopfes nach hinten und aussen, oder endlich beide Bewegungen gleichzeitig, je nachdem Kopf oder Schulter durch die entsprechenden Antagonisten des Cucullaris mehr oder weniger in ihrer Stellung fixirt werden. Am schmerzlosesten geschieht übrigens die Reizung des Accessorius in der Nähe des Cucullar-Randes, weil hier keine sensiblen Nerven von Erheblichkeit zu treffen sind. Weiter aufwärts nach dem Centrum hin trifft man nicht weit von der Austrittsstelle am Kopfnicker den N. occipitalis minor (N. cervic. III.), welcher hier den Accessorius kreuzt.

Bei doppelseitiger Reizung des Cucullar-Endastes vom N. accessorius giebt es schon bei mässigen Strömen einen sehr schönen und eindrucksvollen Effect (s. Fig. 46). Beide Schultern werden kräftig

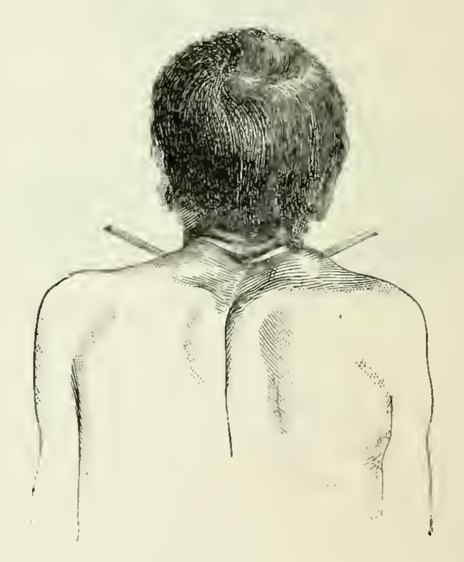


Fig. 46.
Musculi cucullares.

gehoben, die Schulterblätter zugleich gegen die Wirbelsäule gezogen, während die Muskulatur der Acromialportion die Haut des Nackens in grobe Querfalten legt und die mittlere und untere Portion in sehr plastischer Weise wulstförmig neben der Wirbelsäule vortritt.

Dicht unterhalb des N. accessorius Willisii verläuft der aus dem vierten Cervical-Nerven stammende Ast für den **M. levator anguli scapulae** (vergl. Tafel). Isolirte Erregung desselben, welche nur mit

einer ganz feinen Elektrode gelingt, setzt eine Erhebung der Scapula, vorzüglich des inneren Winkels nach oben, innen und gleichzeitig nach vorne, während das Acromion, durch das Gewicht des Arms und die Action der Antagonisten fixirt, fast gar nicht an der Erhebung Theil nimmt. Dass die Contraction des Angularis scapulae übrigens hierbei eine isolirte ist, kann man deutlich mit den Fingerspitzen fühlen. Die sonst seichten Vertiefungen oberhalb und unterhalb der Clavicula werden in tiefe Gruben verwandelt, zwischen denen das Schlüsselbein so stark hervorspringt, dass man es umgreifen kann. Es erhellt hieraus, dass die Angabe der älteren Anatomen, als erhebe der Levat. angul. scapul. die ganze Schulter und bewirke das Achselzucken (Musc. patientiae), nur in sehr beschränkter Weise richtig ist, da die Erhebung des Acromial-Endes der Scapula der Clavicular-Portion des Pectoralis major, dem M. serratus anticus und dem M. cucullaris zuzuschreiben ist, der Lev. ang. scap. dagegen nur die Erhebung des inneren Winkels nach oben, innen und vorne vermittelt.

Der **Nerv. hypoglossus** ist dicht über dem grossen Zungenbeinhorne vor dem M. hypoglossus zu erreichen. Der Total-Effekt, welchen die Reizung des Hypoglossus hervorruft, ist kein präciser. Einigemale bemerkte ich eine deutliche Erhebung der Zunge in toto gegen den harten Gaumen. Anderemale war dies nicht deutlich. Uebrigens ist auch eine gleichzeitige Reizung des M. hypoglossus und anderer Muskeln unvermeidlich.

Eine Reizung der **Ansa N. hypoglossi** wird durch den sie bedeckenden Kopfnicker verhindert, dagegen sind ihre Zweige am inneren Rande des letzteren leicht zu erreichen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass ein stark entwickeltes Platysma die Untersuchung ausserordentlich stört, wenn nicht ganz unmöglich macht. Meine Angaben stützen sich zum Theil auf die faradische Exploration von Individuen, denen das Platysma fehlte.

Der Zweig für den **M. omohyoideus,** welcher an der Sehne des letzteren entlang auch zum unteren Bauche läuft, lässt sich am inneren Rande des Kopfnickers reizen (vergl. Tafel). Das Zungenbein wird mit seinen Annexen nach aussen herabgezogen, wobei der Muskelbauch des M. omohyoideus in der Fossa supraclavicul. deutlich hervorspringt und etwas nach oben rückt.

Auch eine Reizung des unteren Bauches, welche durch das den Sehnen des Sternocleidomastoideus gebildete Dreieck (vergl. Tafel) oder nach aussen von dem Orte der Phrenicus-Reizung leicht gelingt, setzt denselben Effekt.

Der **M. sternothyreoideus** und **M. hyothyreoideus,** deren äussere Ränder von dem Sternocleidomastoideus nicht ganz bedeckt werden, gestatten zuweilen Reizung ihrer Zweige, immer aber direkte Reizung der Muskelsubstanz. Ihre Wirkung liegt auf der Hand.

Der Zweig des **M. sternohyoideus,** welcher von der Ansa hypoglossi ziemlich senkrecht abtritt und am unteren Ende des Muskels eintritt, lässt sich bei Viertels-Drehung des Kopfes am besten durch die Lücke zwischen den beiden Ursprungsportionen des M. sternocleidomastoid. erreichen (vergl. Tafel).

Der **N. phrenicus** ist am äusseren Rande des Kopfnickers vor dem M. scalenus anticus, oberhalb des M. omohyoideus, zu finden. Man suche ihn nicht zu tief und drücke die Elektrode kräftig gegen den äusseren Rand des Sternocleidomastoideus hinein. Gelangt man mit der Elektrodenspitze zu hoch, so trifft diese den N. cervical. quintus, welcher mit dem Phrenicus gewissermassen einen spitzen Winkel bildet. Man gehe nach oben mit der Elektrode nicht über die Mitte des Muskels hinaus, sondern halte sich in der Nähe des M. omohyoideus, dessen Lage man ja sehr leicht faradisch feststellen kann. Mit einer feinen Elektrode den N. phrenicus zu isoliren hat seine Schwierigkeiten, weil dieselbe an dem rundlichen Bauche des M. scalenus ant. leicht abgleitet. Für Anfänger, welche die Phrenicus-Reizung behufs künstlicher Respiration ausführen wollen, empfiehlt sich aus diesen wie aus weiter unten bei der Elektrotherapie der Asphyxien durch künstliche Respiration mittelst rythmischer Elektrisirung der Nervi phrenici und Genossen anzuführenden Gründen die Anwendung stärkerer Elektroden mit grösseren Schwammkappen.

Die Elektroden müssen kräftig eingedrückt werden und zwar in schräger Richtung von aussen nach innen. Beweis dafür, dass der Phrenicus getroffen, ist die rapide Contraction des Zwerchfells, die Vorwölbung des Bauches und das gewaltsame Einströmen der Luft durch die Glottis in die Luftröhre, welches mit einem dem Schluchzen weinender Kinder ähnlichen Geräusche verbunden ist. Unzweifelhaft liegt der Grund dieses Geräusches in plötzlichen Schwingungen

der Stimmbänder, welche bei der unvorbereiteten tiefen Inspirationsbewegung nicht aus dem Wege geschafft sind. Die Versuchspersonen beschreiben bei beiderseitiger Reizung des Phrenicus eine Empfindung, „wie wenn ihnen plötzlich der Athem ausbliebe", auch markiren manche Personen eine Empfindung der plötzlichen Contraction des Zwerchfells als ein „Reissen" und „Stossen" im Unterleibe in der Gegend der Zwerchfellsursprünge. Lässt man, nachdem man die Elektroden bei offener Kette beiderseits auf die Phrenici aufgesetzt hat, von der Versuchsperson einen hohen Ton singen und schliesst inzwischen unversehens die Kette am Apparate, so wird der exspiratorische Sington plötzlich mit einem kurzen, unreinen Inspirationston abgebrochen.

Der Strom, welchen man für die Reizung der Phrenici verwendet, muss ziemlich kräftig sein; jedenfalls muss man die Stromstärke so lange steigern, bis man eine deutliche Einwirkung auf die Zwerchfellsnerven beobachtet.

Gefahr bringt weder die einseitige noch die beiderseitige Phrenicus-Reizung mit sich. Ich habe dieselbe so oft und bei so verschiedenen Personen geübt, dass ich jedes Bedenken gegen diese Procedur als ungerechtfertigt bezeichnen kann. Dieselbe hinterlässt auch weder Schmerz noch sonst irgend welche Empfindung bei den Versuchspersonen.

Ich verweise hier zurück auf die oben (S. 140) ausgeführten Versuche, welche ich an dem freiliegenden N. phrenicus sinist. der Catharina Serafin anstellte und welche die Unbedenklichkeit und Schmerzlosigkeit der Phrenicus-Reizung, ebenso wie die Promptheit der motorischen Leistung beweisen.

Die elektrische Reizung der **Nerven** und **Muskeln des Kehlkopfes** hat in der neuesten Zeit mit der zunehmenden Sicherheit der laryngoskopischen Diagnose und insbesondere mit dem Nachweise der ungeahnten Häufigkeit von Lähmungszuständen sowohl in den einzelnen Kehlkopfmuskeln als in ganzen Gruppen derselben eine erhebliche praktische Bedeutung gewonnen.

Man ist in den letzten Jahren vielfach bemüht gewesen, für eine zweckentsprechende Methode der elektrischen Behandlung des Kehlkopfes die nöthige Basis zu finden und ist hier zunächst darauf ausgegangen, die **Rami laryngei des Vagus** am Halse aufzusuchen und durch die oberflächlichen Weichtheile hindurch zu reizen. Diese

Versuche, bei Kranken angestellt, welche an Störungen in der Function der Kehlkopfnerven oder -Muskeln litten, waren zum Theil von günstigem therapeutischen Erfolge, und man schloss daraus, dass die Reizung der genannten Nervenäste gelungen sei. Dieser Schluss ist jedoch, wie ich glaube, nicht gerechtfertigt, vielmehr ist trotz der constatirten Heilwirkung erst der Beweis zu liefern, dass es überhaupt möglich sei, die Nervi laryngei superiores und inferiores auf percutanem Wege mit dem elektrischen Strome zu erreichen. Gerhardt[1]) ist bemüht gewesen, den Effect der Reizung auf dem allein zuverlässigen Wege der gleichzeitigen Controle mittelst des Spiegels, allein er gelangte hierbei theils zu negativen, theils zu zweifelhaften Resultaten. Er fand nämlich an gesunden Versuchspersonen, dass durch Einleitung des inducirten Stromes an denjenigen Halsregionen, welche dem Verlaufe der Recurrentes entsprechen, — nämlich für die Nn. laryngei superiores die Gegend der oberen Hörner, für die Nn. recurrentes die der unteren Hörner des Schildknorpels — weder der Glottisschluss, die Spannung und die Vibration der Stimmbänder sichtbare, noch ein Sington hörbare Veränderungen erfuhr. Dagegen beobachtete Gerhardt nach beiderseitiger Reizung ein zitterndes, absatzweise erfolgendes Wiederauseinanderweichen der Stimmbänder nach dem Anlauten des Vokals; die Glottis erlangte dabei in einem Falle nur die Hälfte, in einem anderen drei Viertheile der normalen Inspirationsweite. Bei einseitiger Reizung beobachtete Gerhardt dieselben Vorgänge nur an dem Stimmbande der gereizten Seite.

Ich habe diese Erscheinungen bei meinen Versuchen an Patienten und Versuchspersonen aller Art ebenfalls gesehen, kann dieselben aber nicht als Folgen der Recurrens-Reizung, sondern nur als die Resultate eines Eingriffes am Kehlkopf überhaupt gelten lassen. Ich fand dieses ängstliche und unsichere Gebahren der Stimmbänder vorzüglich bei empfindlichen ungeübten Personen, aber auch bei sonst Geübten, im Falle ein neuer überraschender Eingriff am Kehlkopfe oder in dessen Nähe vorgenommen wurde, z. B. Aetzen, Faradisiren oder Galvanisiren, ohne dass bestimmte Kehlkopfnerven oder -Muskeln in den Kreis gefasst wären.

Wenn ich somit dieses Kriterium für eine gelungene Recurrensreizung nicht als stichhaltig gelten lassen kann, so kann ich doch

---

[1]) Studien und Beobachtungen über Stimmbandlähmungen. Virchow's Archiv. Bd. XXVII.

auf der anderen Seite bestätigen, dass man für das Gelingen der Reizung des N. laryngeus superior an der energischen Detraction des Kehldeckels ein sicheres Zeichen besitzt. Dieses Phänomen lässt sich übrigens auch von innenher erzielen, und zwar vom Sinus pyriformis aus, welchen der Ram. internus des N. laryngeus superior schräg durchzieht, die Schleimhaut zuweilen zu einer Falte erhebend.

Den Grund, weshalb es so selten gelingt, die Nn. laryngei inferiores auf percutanem Wege isolirt zu reizen, glaube ich in ihrer tiefen Lage, vorzüglich aber in der Vorlagerung von Muskelstraten suchen zu müssen, deren Contraction das Eindringen der Elektrode und des Stromes verhindert. Zu diesen Muskellagen gehören: das Platysma, der M. sternothyreoideus und sternohyoideus, omohyoideus, thyreopharyngeus und cricopharyngeus. Unzugänglichkeit des N. recurrens wird sehr häufig schon durch den vergrösserten Seitenlappen der Schilddrüse allein bedingt; ferner ist ein starkes Fettpolster am Halse ebenfalls sehr hinderlich für das Eindringen der Elektrode in die Tiefe.

Wenngleich nun also nicht geläugnet werden soll, dass es unter besonders günstigen Bedingungen (magerer Hals, kleine Schilddrüse, Platysma nicht nach vorne reichend etc.) möglich sein mag, die Nervi laryngei von der Oberfläche des Halses aus isolirt zu reizen, so entziehen sie sich doch in den meisten Fällen in Folge ihrer tiefen Lage der directen Erregung und ich muss deshalb die percutane Elektrisirung derselben, besonders der Recurrentes, als eine höchst zweifelhafte und durch kein specielles Kriterium zu controllirende Procedur bezeichnen.

Damit soll natürlich nicht in Abrede gestellt werden, dass man durch percutane Einleitung elektrischer Ströme therapeutische Erfolge bei Stimmbandlähmungen und bei Innervationsstörungen aller Art, besonders bei Hysterischen, erzielen könne. Die Beobachtungen von Bamberger, Gerhardt, v. Bruns, Tobold, Meyer, Benedikt, sowie meine eigenen stellen dies ja ausser Zweifel. Allein man wird sich hier immer auf einem unsicheren und trügerischen Boden bewegen, und an eine specielle Behandlung eines bestimmten leidenden Theils, z. B. eines einzelnen gelähmten Muskels oder einer Muskelgruppe mit Strömen von bestimmter Intensität ist natürlich gar nicht zu denken, da wir einerseits bei diesen Proceduren ganz im Unklaren bleiben, ob der Strom überhaupt bis zu dem der Erregung bedürftigen Theile eindringt, und andererseits bei der Vielseitigkeit der Recurrens-

functionen ausser Stande sind, bestimmte Gruppen von Kehlkopfmuskeln, z. B. die Glotisschliesser, die Glottisöffner oder die Stimmbandspanner für sich allein in Angriff zu nehmen.

Diese Mängel der percutanen Methode sind in den letzten Jahren nicht von mir allein empfunden, sondern es ist besonders von Duchenne[1]), Mackenzie[2]), Gerhardt[3]) und v. Bruns[4]) die Möglichkeit und Nothwendigkeit einer directen Elektrisirung der einzelnen Gebilde vom Pharynx aus hervorgehoben worden. Duchenne's Rathschläge ermangeln noch der laryngoskopischen Basis, während die übrigen der genannten Autoren den Kehlkopfspiegel als Leiter für die operirende Hand empfehlen. Allein auch Gerhardt und v. Bruns schienen über das Vorstadium einzelner Versuche an Kranken nicht hinausgekommen zu sein, während Mackenzie die direkte Einwirkung des Stroms auf die Stimmbänder und Giesskannen beschränkte, ohne die complicirten anatomischen Verhältnisse und die Möglichkeit einer Detaildiagnose und einer derselben entsprechenden Localisirung des Stroms zu berücksichtigen[5]).

Die Mehrzahl der Specialisten auf dem Gebiet der Laryngotherapie und Elektrotherapie wie Tobold[6]), Meyer[7]), Benedikt[8]) u. A. begnügen sich mit dem percutanen Verfahren wegen der Schwierigkeit der internen Reizung, besonders wegen der Reizbarkeit der Rachen- und Kehlkopfschleimhaut. Der letzte der genannten Autoren erklärt die direkte Reizung der Kehlkopfmuskeln geradezu für unnöthig.

Seit Jahren mit dem Studium dieser Frage beschäftigt, habe ich mich bemüht, zunächst die Methode an einer Reihe consequent

---

[1]) L'électrisation localisée. Ed. II. p. 90.

[2]) Morell Mackenzie, On the treatment of hoarseness and loss of voice by the direct application of galvanism to the vocal cords. London 1863. Derselbe in Medic. Times and Gaz. Fobr. 7. 1863. Ferner The use of the Laryngoscop etc. London 1865. p. 101.

[3]) l. c.

[4]) Die Laryngoskopie und die laryngoskopische Chirurgie. Tübingen 1865. S. 234 ff.

[5]) „when tho sponge (of the laryngeal galvanizer) is in contact with the vocal cords, the electric current passes through the larynx to the skin externally. By placing the sponge of the galvanizer on the arytaenoid cartilages, both branches of the pneumogastric nerve are stimulated". The use of the Laryngoscop etc. p. 101.

[6]) Die chronischen Kehlkopfkrankheiten etc. Berlin 1866. S. 101.

[7]) Berliner klin. Wochenschr. 1865. No. 22.

[8]) Medicinisch chirurgische Rundschau. 1864. No. 1—3.

eingeübter Versuchspersonen zu vervollkommnen und demnächst dieselbe bei den einschlägigen Krankheitszuständen auf ihre Zweckmässigkeit und therapeutische Leistungsfähigkeit zu prüfen. In Betreff der Letzteren verweise ich auf eine andere Stelle[1]) und beschränke mich hier auf die Entwicklung der Methode.

Die direkte elektrische Reizung der Kehlkopfmuskeln vom Pharynx aus, welche ich sonst im Allgemeinen der percutanen vorziehe, kommt nur bei einem Muskelpaare nicht in Anwendung, weil dasselbe von aussen her allein und mit Leichtigkeit zu erreichen ist. Dies sind die **Musculi crico-thyreoidei (recti** und **obliqui,** Henle). Am vorderen Umfange des Halses zwischen Ringknorpel und Schildknorpel zu beiden Seiten des Ligamentum conoideum sowohl senkrecht als schräg (von aussen oben nach unten innen) ausgespannt, werden sie von zwei zu beiden Seiden des Lig. conoid. aufgesetzten Elektroden in kräftige Verkürzung versetzt. Nicht nur verspürt der in den Zwischenraum eingelegte Finger eine Annäherung der beiden Knorpel aneinander, sondern es wird auch ein angeschlagener Sington durch die Contraction dieser Muskeln, indem sie die Spannung der Stimmbänder vermehrt, um etwa einen halben Ton erhöht.

Die isolirte Erregung der inneren Kehlkopfmuskeln vom Pharynx aus bietet anfänglich grosse Schwierigkeiten dar, und zwar sowohl für den Operateur als für die Versuchspersonen. Bei dem Ersteren ist Gewandtheit in der Einführung des Instruments ohne überflüssige Berührung des Zungengrundes und der Rachenwandungen, vollkommene Kenntniss der anatomischen Verhältnisse mit specieller Beziehung auf den Zweck der Procedur, ruhige und sichere Haltung der Elektrodenspitze an der richtigen Stelle, endlich vor Allem Geduld erforderlich. Bei dem Versuchsobjecte können die anfänglich auftretenden lästigen Nebenerscheinungen, als Vomituritionen, ja selbst Erbrechen, lebhafte Hyperämie der Schleimhaut, Husten, vorübergehende Aphonie etc. nur durch wochenlange consequente Uebung und Gewöhnung beseitigt werden. Bei der nöthigen Ausdauer von beiden Seiten wird übrigens schliesslich eine solche Toleranz dieser empfindlichen Regionen gegen die Berührung mit dem Schwammknöpfchen der Elektrode und gegen die Einwirkung des elektrischen Reizes erzielt, dass

---

[1]) v. Ziemssen, Laryngoskopisches und Laryngotherapeutisches. II. Artikel. „Stimmbandlähmungen." D. Archiv f. klin. Med. Bd. IV. S. 376 ff.

man die Dauer jeder einzelnen Reizung sehr lange ausdehnen kann. Manche meiner Versuchspersonen und Kehlkopfpatienten gelangten dahin, dass sie, während die Elektrode z. B. in einem Sinus pyriformis stand, bei geschlossener Kette nicht nur ruhig athmeten, sondern Schlingbewegungen vornahmen, auf Commando Töne von bestimmter Höhe anschlugen u. s. w. Selbstverständlich sind Verschiebungen der inneren Weichtheile während der Einwirkung des Stromes selbst nach langer Uebung meist nicht ganz zu vermeiden, da nicht nur auf dem Wege des Reflexes, sondern auch durch den Strom selber Muskelcontractionen ausgelöst werden.

Die Stärke des anzuwendenden inducirten oder galvanischen Stromes bestimmt man am besten mittelst einer unmittelbar vorangehenden Prüfung derselben am Gesicht. Ein Inductionsstrom, welcher deutliche Contractionen am M. frontalis oder Corrugator hervorruft, ein galvanischer Strom von 8—10 Siemens'schen Elementen, welcher schwache Zuckungen an den Gesichtsmuskeln erzeugt, genügt bei der Kleinheit der Kehlkopfmuskeln, ihrer oberflächlichen Lage und der Durchfeuchtung der Epitheloberfläche vollkommen.

Als **Laryngo-Electrode** benutze ich die an einen hölzernen Handgriff angeschraubte, catheterförmig gebogene und bis an die Spitze cachirte Sonde. Die Spitze läuft in ein Knöpfchen aus, welches mit einer schwachen Lage feinen Waschschwammes bedeckt ist. Die von mir angegebene, oben (S. 204) beschriebene Doppel-Elektrode ist bei doppelseitiger interner Reizung, wenn es darauf ankommt, beliebig starke elektrische Ströme zu therapeutischen Zwecken quer durch den Kehlkopf gehen zu lassen, sehr brauchbar. Für das Studium der Function der einzelnen Kehlkopfmuskeln ist dieselbe aber nicht zu brauchen, vielmehr hier die einfache Laryngo-Elektrode zu verwenden.

Wer nicht im Besitz eines Schliessungs- resp. Oeffnungshebels an dem Elektrodengriffe ist, lässt die Kette durch einen Assistenten oder durch den Kranken selbst mittelst der zweiten, mit grosser Schwammkappe versehenen Elektrode entweder an einer indifferenten entfernten Körperstelle, oder bei therapeutischen Proceduren besser an der Oberfläche des Kehlkopfes an zweckentsprechenden Stellen schliessen, sobald die Laryngo-Elektrode eingeführt ist.

Die Einführung der Letzteren geschieht mit der rechten Hand rasch und ohne die Wandungen des zu passirenden Canals mehr als

unvermeidlich zu berühren, während der die Bewegungen controlirende Spiegel von der linken gehalten wird.

Was die nächsten Folgen der Reizung anlangt, so ist Hyperämie der Reizungsstelle und ihrer Umgebung, vermehrte Schleimsecretion, kurzdauernde Heiserkeit, Hustenreiz und Schmerz im Halse unvermeidlich. Diese Erscheinungen verschwinden jedoch meist nach einigen Stunden, auch wohl früher. Der therapeutische Erfolg, wo ein solcher überhaupt erwartet werden kann, giebt sich nach dem Schwinden dieser Nebenerscheinungen kund, verschwindet jedoch nach den ersten Sitzungen entweder sogleich oder bis zum nächsten Morgen wieder. Dass die Reizung der Schleimhaut an der hinteren Giesskannenfläche, oder im Sinus pyriformis oder auf den Stimmbändern bei einer lange fortgesetzten Kur zu einer lebhaften Entzündung, Verschorfung oder Verschwärung führen möchte, ist nicht zu befürchten, wenn man von Zeit zu Zeit Pausen von ein bis mehreren Tagen zwischen die täglichen Sitzungen einschiebt. Ich habe selbst bei einer Dauer der Behandlung von mehreren Monaten niemals üble locale Rückwirkungen beobachtet.

Begünstigend für die Abhärtung der Schleimhaut wirkt das in Stücken in den Mund genommene und hier langsam zergehende Bromkalium. Neuerdings hat sich bei allen Manipulationen im Kehlkopfe die vorangehende Bepinselung mit Cocainlösung (10 pCt.) vorzüglich bewährt.

Die Localisirung des elektrischen Stromes auf die einzelnen Muskeln geschieht nun folgendermassen.

M. arytaenoideus (transversus) ist mit der Elektrode am leichtesten zu erreichen. Nachdem die Spitze derselben an der hinteren Fläche der Giesskannen angelangt ist, lässt man die Kette schliessen. Durch die Verkürzung und Verdickung des M. arytaenoideus wird die hintere Fläche der gegeneinander gepressten Knorpel bauchig vorgewölbt, und es ist deshalb darauf zu achten, dass mit dem Eintritt der Contraction die Elektrodenspitze nicht zur Seite abgleitet. Die durch den genannten Muskel erzielte Juxtaposition der Giesskannen ist eine sehr energische. Mangel oder Unvollständigkeit dieser Bewegung in Folge von Paralyse oder Parese des M. arytaenoideus ist eine ebenso wichtige als häufige Ursache von Aphonie und Heiserkeit; die Dia-

gnose dieses Zustandes hat selbst für einen wenig Geübten keine Schwierigkeiten.

Der **M. crico-arytaenoideus lateralis** ist in der Tiefe des Sinus pyriformis, nach hinten zu, in der unmittelbaren Nähe des äusseren Randes der Ringknorpelplatte zu erreichen, jedoch bedarf es hier schon grosser Uebung und Gewandtheit im laryngoskopischen Localisiren. Man muss mit der Elektrodenspitze direct nach unten Richtung nehmen und dieselbe ziemlich fest eindrücken, um nach Dehnung der locker gespannten Schleimhaut bis auf den Muskel zu gelangen. Da man mit der Elektrodenspitze im Sinus pyriformis leicht zu weit nach vorn gleitet, so empfiehlt es sich, die Krümmung der Elektrode etwas zu vermindern, dieselbe etwas zu strecken und beim Einführen den Griff nicht zu sehr zu heben.

Die Wirkung isolirter Reizung des M. crico-arytaenoideus lateralis ist schwache Rotation der Giesskanne um ihre senkrechte Achse mit Verstellung nach vorne und innen, so dass der Proc. vocalis und damit der freie Rand des Stimmbandes sich der Mitte nähert. Die Glottis intercartilaginea wird hiervon nur wenig berührt, und zwar nur insoweit, als der Knorpel und besonders dessen Stimmfortsatz seine Stellung zu seinem Genossen in der beschriebenen Weise verändert. Lässt man bei andauernder Verkürzung rasch und tief inspiriren, so entsteht durch die Schwingungen des vorspringenden aber schlaffen Stimmbandes ein unreines Schnarren; auch kann man dabei die groben Vibrationen des Stimmbandes deutlich erkennen.

Der **M. thyreo-arytaenoideus externus** (Henle) oder **M. arysyndesmicus** (Luschka, Merkel), welcher sich unmittelbar an den vorderen oberen Rand des M. crico-thyreoideus lateralis anlehnt, ist ebenso wie der weiter nach innen liegende **M. thyreo-arytaenoideus internus** von dem Sinus pyriformis aus zu reizen, nur muss man die Stellung der Elektrode derart ändern, dass man die Spitze nach unten innen und vorne drängt und gleichzeitig den Elektrodengriff nach oben und aussen, d. h. gegen die obere Zahnreihe und den äusseren Mundwinkel derselben Seite erhebt.

Der Effekt der direkten Reizung des M. thyreo-arytaenoideus, welchen ich auf diese Weise erzielte, besteht lediglich in einer Verziehung des Giesskannenknorpels nach vorne und unten. Eine Spannung der Stimmbänder kann hierbei selbstverständlich nicht zu Stande

kommen, so lange nicht die Giesskanne durch die Mm. arytaenoideus transversus und crico-arytaenoideus posticus nach innen und hinten fixirt und der Schildknorpel dem Ringknorpel durch die Mm. crico-thyreoidei genähert wird.

Man muss sich übrigens bei diesen Reizungen von dem Sinus pyriformis aus hüten, die mechanische Locomotion nach innen, welche der leicht bewegliche Giesskannenknorpel nebst dem dazu gehörigen Stimm-, Taschen- und ary-epiglottischen Bande durch den Druck des Instruments erfährt, für Muskelwirkung zu halten. Man studire zur Vermeidung dieses Irrthums die Stellung der Giesskanne und der Weichtheile nach Einführung der Elektrode zuerst bei offener und alsdann bei geschlossener Kette.

Auch von der Glottis aus kann man den beiden Mm. thyreo-arytaenoideis internis beikommen, wenn man die Elektrode während einer Inspiration bis auf oder zwischen die Stimmbänder führt. Durch reflectorische Contraction der Glottisschliesser wird alsdann das Schwammknöpfchen zwischen den Stimmbändern oder doch zwischen den Taschenbändern eingeklemmt und berührt im ersteren Falle die Stimmbänder von den Rändern her, im andern Falle von oben her. Dieser Erregungsmodus ist aber ein relativ roher, er bewirkt Sistirung der Athmung mit Glottisschluss und wirkt so reizend auf die Schleimhaut des Kehlkopfeinganges, dass er als therapeutische Methode keinenfalls empfohlen werden kann.

Der **M. crico-arytaenoideus posticus,** der wichtige Dilatator glottidis, liegt auf der hinteren Fläche der Ringknorpelplatte zu beiden Seiten einer in der Mitte der Letzteren herabziehenden Leiste. Je nachdem man nun den rechten oder den linken Muskel reizen will, gleitet man von der hinteren Fläche der Giesskanne mit der Elektrode entweder nach rechts oder nach links hinter der Ringknorpelplatte hinab. Man findet an den Constrictoren Anfangs starken Widerstand und muss häufig eine Schlingbewegung machen lassen, um die Elektrode an die richtige Stelle hinabgleiten zu lassen. Man kann übrigens auch vom Sinus pyriformis aus mit der Elektrode nach hinten und unten fortschreiten. Sobald der Muskel sich verkürzt und wölbt, gleitet die Elektrode leicht zur Seite ab.

Der Effekt ist schwache Rotation der Giesskanne um ihre Achse nach aussen und zugleich Verziehung derselben nach hinten und aussen, so dass die Glottis vollständig geöffnet wird. Lässt man während

der einseitigen Reizung einen Ton anschlagen, so kommt nur ein unreiner tiefer Ton zu Stande, indem das Stimmband der gereizten Seite nicht vortritt, sondern nur das der entgegengesetzten Seite.

Die **Muskeln des Kehldeckels,** welche vom M. laryngeus super. innervirt werden, nämlich die **Mm. thyreo-** und **ary-epiglottici** kann man entweder direkt durch Aufsetzen auf die Seitentheile der Kehldeckelbasis oder durch direkte Reizung des Ramus intern. N. laryngei superioris auf seinem Wege durch den Sinus laryngo-pharyngeus in Erregungszustand versetzen.

Der **M. glosso-epiglotticus,** nach Luschka nur die hintere, in der Gegend der Plica glosso-epiglottica am Kehldekel stattfindende Endigung einer Anzahl von Bündelchen des M. longitudinalis linguae superior, dürfte wohl selten Gegenstand ärztlicher Berücksichtigung sein. Jedenfalls wäre er am Lig. glosso-epiglotticum leichter als alle übrigen Kehlkopfmuskeln zu erreichen.

Der **N. vagus** ist nach der Angabe einiger Autoren vom Oesophagus aus (Duchenne), nach anderen von der Oberfläche des Halses her (Semnola, Gerhardt, Brenner) für die Elektrode erreichbar. Das erstere Verfahren bietet besondere Schwierigkeiten, weil man mit dem Excitator im Dunkeln tappt. Das zweite Verfahren ist leichter, aber von noch zweifelhafterem Werthe, da bei der tiefen Lage des Vagusstammes, auch wenn man die geeignetste Stelle (am inneren Rande des M. sternomastoid. unmittelbar unter dem M. omohyoideus) wählt, doch die Dicke der vorgelagerten Weichtheile die Reizung des Vagus meistentheils, wenn nicht immer, vereitelt. Meine Versuche mit beiden Methoden haben mir keine positiven Resultate ergeben.

Die von der **Pars supraclavicularis Plexus brachialis** abgehenden motorischen Schulter- und Thoraxnerven lassen sich unter günstigen Umständen alle isolirt reizen, ohne dass die Hauptstränge des Plex. brachialis lädirt werden. Indessen trifft man häufig Individuen, bei welchen dieser oder jener Ast leicht erreichbar ist, während andere durchaus nicht isolirt werden können. Die Verschiedenheit in der Dicke und Beschaffenheit der Integumente, besonders des Fettpolsters, sowie die individuellen Abweichungen in dem Verlaufe dieser

zum Theil zarten Nervenzweige erklären diesen Umstand genügend. Bei ganz mageren Individuen gelingt es immer am besten, die Schultermuskeln einzeln in Thätigkeit zu setzen, indessen ist immerhin genaue Kenntniss der anatomischen Verhältnisse, Uebung im Faradisiren und der Gebrauch feiner Elektroden unentbehrlich.

Der **N. thoracicus posterior** s. dorsalis scapulae ist nicht selten ziemlich nahe unter dem N. accessor. Willisii, dem Rande des M. cucullaris bald näher bald ferner, der Elektrode zugänglich (vergl. Taf.) und setzt Contraction im M. rhomboideus und M. serratus postic. super. und somit eine kräftige Heranziehung der Scapula an die Wirbelsäule mit der Richtung nach aufwärts und eine schwache Hebung der oberen Rippen.

Der **N. thoracicus lateralis** s. respiratorius externus ist nach seinem Durchtritt durch den M. scalenus medius dicht über der Clavicula nicht weit vom Cucullarrande (vergl. Tafel) zu erreichen. Die Stelle, an welcher er isolirt werden kann, wechselt; häufig liegt sie etwas höher, selten tiefer, als auf der Tafel angegeben ist. Sehr leicht, ja zuweilen unvermeidlich, kommt dabei eine Reizung des oberen (äusseren) Stranges des Plexus brachialis zu Stande, in Folge deren sich zu der Contraction des M. serratus magnus solche im Bereiche des N. axillaris und radialis hinzugesellen.

Die Mitwirkung derjenigen motorischen Fasern, welche der M. serratus magnus noch von den Nn. intercostales erhält, scheint für das Zustandekommen einer kräftigen Contraction des Muskels unwesentlich zu sein, da dieselbe schon durch alleinige Reizung des N. thoracicus longus erzielt wird.

An der Stelle übrigens, an welcher dieser Nerv nach seinem Durchtritt durch den M. scalenus med. ziemlich frei und der elektrischen Reizung zugänglich liegt, ist derselbe auch äusseren Schädlichkeiten, z. B. Quetschungen durch schwere auf der Schulter getragene Lasten ausgesetzt, besonders wenn die Letzteren, wie die Balken der Zimmerleute, scharfe Kanten haben. Es sind schon eine grosse Zahl von Serratuslähmungen als durch mechanischen scharfen Druck auf den N. thoracicus lat. bedingt — von Niemeyer, Wiesner, mehrere auch von mir — besonders bei Zimmerleuten, Klavierträgern u. s. w. beobachtet worden.

Die isolirte Faradisirung des N. thoracicus lateralis ruft eine energische Verkürzung des **M. serratus anticus major** hervor. Durch

dieselbe wird die Scapula unter Erhebung ihres Acromialwinkels soweit nach aussen und vorne vesschoben, dass der Raum zwischen Scapula und Wirbelsäule fast doppelt so breit wird, als auf der entgegengesetzten Seite. Der innere Rand der Scapula steht fest an den Thorax angepresst, während das Schulterblatt im Uebrigen flügelförmig vom Thorax absteht und sich an seiner ganzen inneren Fläche betasten lässt. Indem die Clavicula durch die Verschiebung des Acromion nach vorne und oben erheblich vom Thorax entfernt wird, erscheint die Infra- und besonders die Supraclaviculargrube ausserordentlich tief eingesunken, am tiefsten natürlich am Acromialende der Clavicula.

Der N. thoracicus lateralis ist bei manchen Personen auch in der Achsel zu isoliren, in welcher er im Verlaufe der Linea axillaris auf dem M. serratus magnus herabläuft. Dem entsprechend kann man auch von der Achsel aus eine kräftige Contraction des M. serratus magnus erzielen, während die direkte Faradisirung der einzelnen Serratusbündel nur einen höchst ungenügenden Effekt giebt, wenn man sich nicht sehr starker Ströme bedient.

Im Allgemeinen ist der N. thoracicus lat. und damit der M. serratus anticus nur selten mit der wünschenswerthen Promptheit zu isolirter Contraction zu bringen. Die Gründe sind mir trotz vielfältiger hierauf gerichteter Bemühungen nicht klar geworden; sie sind doch wahrscheinlich lediglich topographisch-anatomischer Natur.

Die Reizung der **Nn. subscapulares** oberhalb der Clavicula gelingt wegen ihrer tiefen Lage nur äusserst selten; dagegen ist in der Achsel nach hinten zu der eine oder der andere der Nn. subscapulares zu finden, und jedenfalls der Musc. subscapularis direkt zu reizen.

Der **N. thoracicus anterior** ist entweder dicht oberhalb und hinter der Clavicula — zuweilen ganz ohne gleichzeitige Reizung des Plexus brachialis — oder nach seinem Durchtritt unter der Clavicula am oberen Rande des M. pectoralis major oder hinter demselben zu treffen (vergl. Tafel). Oft ist er von dem Clavicularursprung des Pectoralis major ganz bedeckt und entgeht dadurch der Reizung vollständig. In diesem Falle wird die intramuskuläre Reizung des Pectoralis major entweder so ausgeführt, dass man die Elektrode auf die Mitte der Bündel aufsetzt, weil der Nerv des Pectoral. major

auf seinem Laufe nach abwärts dessen Fasern im rechten Winkel und ziemlich in ihrer Mitte kreuzt, oder man schiebt die dünne Elektrode vom äusseren Rande her tief zwischen Brustwand und Muskel ein. Man erhält auf diese Weise, da es bei Mageren gelingt, die Elektrodenspitze bis zur Mitte der inneren Fläche des Pectoral. major, wo der N. thorac. ant. herabläuft, vorzuschieben, eine weit kräftigere und vollständigere Verkürzung, als durch Aufsetzen der Elektrode auf die äussere Fläche des Muskels.

Durch die energische Contraction der Mm. pectorales wird der Oberarm kräftig an die vordere Fläche der betreffenden Körperhälfte herangezogen, so zwar, dass der Ellbogen in der Linea mammillaris der betreffenden Seite zu stehen kommt.

Die obere (Clavicular-) Portion des Pector. major konnte ich in ihrer isolirten Wirkung bei mehreren Männern betrachten, denen die ganze untere (Sterno-Costal-) Portion, sowie auch der Pectoral. minor fehlte (angeboren). Indem ich hier die Elektrode ganz tief unter den Muskel bis an die Clavicula hinaufschob, um den Nerven zu reizen, setzte die Contraction der Portion bei hängendem Arme eine Erhebung der Schulter direkt nach oben und ein wenig nach vorn. Derselbe Effekt liess sich mit entsprechend gesteigerter Stromstärke durch direkte Reizung des Muskelbauches mit grosser Elektrode erreichen.

Sehr häufig wird bei der Reizung des N. thoracicus anterior der Strang des Plexus brachialis getroffen, aus dem der N. musculocutaneus und ein Theil der Medianusfasern entspringen (vergl. Tafel). In diesem Falle gesellt sich zu der Adduction des Armes noch kräftige Beugung des Vorderarmes und der Hand. Diese schmerzhafte Reizung des äusseren Stranges vom Plexus brachialis lässt sich noch am ehesten dadurch vermeiden, dass man die Elektrode in schräger Richtung nach innen und hinter den Rand des Brustmuskels zu schieben sucht.

Die Stämme der **Pars supraclavicularis des Armgeflechts** sind für die isolirte Muskelerregung nicht zu verwerthen, da die Reizung des einzelnen Stammes ganze Gruppen von Muskeln in Contraction setzt, welche, obwohl zum grossen Theil in ihrer Wirkung auseinandergehend, ihre Nerven aus dem einen Plexusstamme empfangen. Sobald es indessen bei der therapeutischen Anwendung der Elektricität

nicht auf isolirte Muskelerregung ankommt, auch die unvermeidliche Reizung der sensiblen Fasern nicht berücksichtigt zu werden braucht, z. B. bei Plexuslähmung, kann die Elektrisirung des Plexus brachialis mit grosser Elektrode Platz greifen.

Obere Extremitäten.

Der **N. axillaris** ist nebst dem N. radialis in dem hinteren Bündel des Plexus brachialis enthalten, und man kann daher durch Reizung dieses Bündels eine energische Contraction des **M. deltoideus** sowie gleichzeitig der vom N. radialis innervirten Muskeln erzielen. Rückt man nun mit der unmittelbar über der Clavicula aufgesetzten Elektrode von dem hinteren Bündel hinweg etwas nach aussen, so trifft man bei manchen Personen (aber durchaus nicht bei allen) den N. axillaris isolirt (vergl. Tafel) und kann somit von diesem Punkte aus den M. deltoideus in Verkürzung bringen.

In der Achsel den N. axillaris zu isoliren, gelingt ebenfalls nur bei einzelnen besonders mageren Individuen. Man muss zu dem Zwecke die Elektrode nach hinten und oben in die Achsel hinaufschieben.

Weniger kräftig ist die Contraction im Deltoides, wenn die Elektrode auf den hinteren Umfang des Muskels mit kräftigem Drucke da aufgesetzt wird, wo der Nerv sich um den Humerus nach vorne herumschlägt. Man kann gleichzeitig zur Verstärkung der Contraction den vorderen Muskelast des Deltoideus, welcher von den Nn. thoracicis anterr. an seine innere Seite tritt (vergl. Tafel), mit der negativen Elektrode reizen.

Der **N. musculo-cutaneus** ist nach seinem Durchtritte durch den M. coraco-brachialis in der Furche zwischen diesem und dem M. biceps oder weiter auswärts zwischen den beiden Köpfen des M. biceps zu erreichen (vergl. beide Punkte auf Fig. 47). Es erfolgt durch ihn eine kräftige Beugung des Vorderarms, indem sich **M. biceps** und **M. brachialis internus** verkürzen, jedoch entsteht gleichzeitig Schmerz an der Radialseite des Vorderarms, in deren Bedeckung sich der sensible Endast des Nerven verbreitet.

Man muss bei der Reizung des N. perforans an der erstgenannten Stelle die Elektrode von innen her durch den Daumennagel fixiren, weil sie ohne diese Manipulation durch die eintretende Ver-

kürzung des Biceps leicht nach innen auf den N. medianus geschoben wird.

Bei vielen Personen reicht aber auch diese Manipulation nicht aus, eine Läsion des Medianus hintanzuhalten, und es empfiehlt sich deshalb für die Reizung des N. perforans die oben angegebene Stelle zwischen den Biceps-Köpfen. Hier muss aber die feine Elektrode kräftig eingedrückt und, im Falle der Erfolg ausbleibt, etwas mehr nach oben und innen verschoben werden.

Die Perforansäste für den **M. biceps** sind zuweilen weiter unten zwischen den beiden Köpfen desselben, da wo sie zusammenstossen (vergl. Fig. 47), zu isoliren. Die Contraction, welche von hier aus erzeugt wird, ist selbst bei mittelstarken Strömen sehr energisch, wäh-

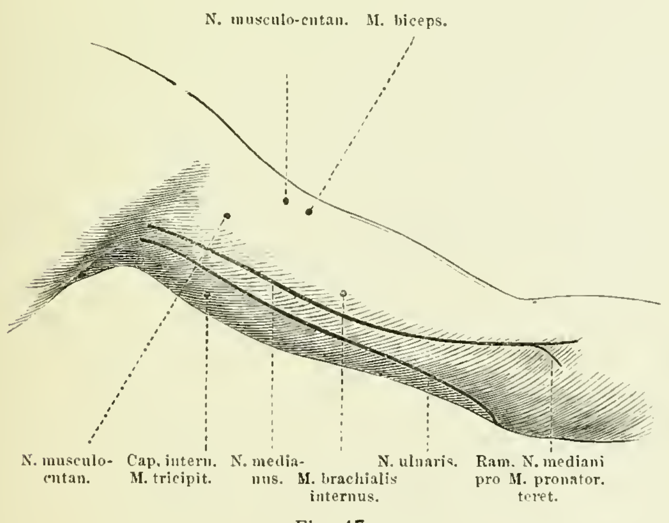


Fig. 47.

rend die direkte Reizung der Muskelsubstanz zu einer einigermaassen kräftigen Verkürzung des Muskels eines stärkeren Stromes bedarf.

Den **M. brachialis internus** bringt man zuweilen isolirt zur Verkürzung, indem man die Elektrode da, wo die untere Hälfte oder das untere Drittel des M. biceps seinen Anfang nimmt, vom inneren Rande her unter den letzteren schiebt (vergl. Fig. 47). An dieser Stelle tritt nämlich der für den Brachialis internus bestimmte zweite Muskelast des N. perforans von diesem ab und in den Muskel hinein.

Hier geschieht übrigens eine Läsion des Medianus noch leichter

als oben, weil derselbe unmittelbar am inneren Rande des Biceps verläuft. Man kann sie nur durch Verschiebung der Haut oder des Medianus selbst vermeiden.

Nimmt man nun mit der negativen Elektrode den gewöhnlichen schwachen oder wandelbaren Ast zu Hülfe, welchen der M. brachialis internus an seinem äusseren Rande vom N. radialis erhält, so erzielt man eine Beugung des Vorderarms, wobei der M. biceps als eine weiche schlaffe Masse auf dem starr contrahirten Brachialis internus aufliegt.

Der **N. medianus** ist längs des ganzen Sulcus bicipitalis int. zu erreichen (vergl. Fig. 47), lässt sich aber am sichersten am unteren Drittel des Humerus, nachdem er an die innere Seite der Art. brachialis getreten ist, gegen den Knochen drücken.

Reizung des Medianus ruft ausser den schmerzhaften Sensationen im Bereich seiner sensiblen Rami digitor. volares und des Ram. cutan. antibrachii palmaris Contractionen im M. pronator teres und quadratus, im Radialis internus, Palmaris long., Flexor digitor. sublimis und profundus, sowie endlich in den Muskeln des Daumenballens und den drei ersten Mm. lumbricales hervor. Der Effekt ist also: Kräftige Pronation des Vorderarms, Beugung der Hand nach der Radialseite, Beugung der Finger mit Opposition des Daumens.

Am Vorderarm liegt der N. medianus 1″ über dem Handgelenke zwischen den Sehnen des M. radial. internus und des M. palmaris

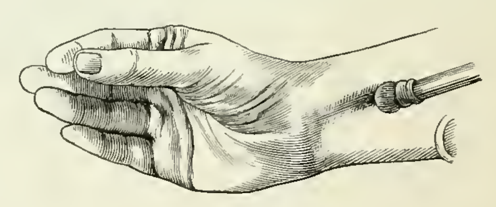


Fig. 48.
N. medianus.

longus in ziemlicher Ausdehnung ganz oberflächlich (vergl. Fig. 48 und 49) und bewirkt, an dieser Stelle gereizt, Abduction des Daumens mit kräftiger Opposition und schwacher Beugung der ersten Phalangen des Zeigefingers und Mittelfingers, und meist auch des Ringfingers (durch die Mm. lumbricales I.—III.).

Der Eintritt der einzelnen motorischen Aeste des Medianus in ihre Muskeln geschieht in folgender Weise:

Der **M. pronator teres** erhält zwei Aeste, einen von der äusseren, den anderen von der inneren Seite des Medianus (vergl. Fig. 47 und 49) abgehend. Ersterer tritt ca. 1″ tiefer vom N. medianus ab als der letztere, erreicht aber auch den Muskel wegen der schrägen Lage desselben später als der innere Ast.

Man erreicht von Seiten des Pronator teres eine prompte Pronation schon durch Reizung des äusseren oder des inneren Astes allein. Ist der Patient aber nicht sehr empfindlich gegen den Schmerz, so verabsäume man es nicht, die negative Elektrode zu Hülfe zu nehmen, um sich vou der kräftigen Wirkung des Muskels zu überzeugen. Der Effekt der Reizung ist wegen der oberflächlichen Lage der Nervenzweige blitzschnell und es erfolgt die Pronation gewöhnlich so gewaltsam, dass die Elektroden abgleiten.

Uebrigens ist die Faradisation der Muskelu an der Beugeseite des Vorderarmes, insbesondere des M. pronator teres, wegen des grossen Reichthums der Haut an sensiblen Nerven und der zarteu Beschaffenheit der Epidermis ziemlich schmerzhaft.

Der Ast des **M. flexor digitor. sublimis** tritt weiter abwärts vom Medianus ab, und geht nach kurzem Verlaufe hart an jenem anliegend (ca. $3\frac{1}{2}$″ vom Condyl. internus entfernt) von der Tiefe her in den Muskel hinein. Er lässt sich wegen dieses verdeckten Eintrittes nicht isoliren.

Dasselbe gilt von dem Medianus-Aste des **M. flexor. digitor. profund.**, welcher vom N. interosseus intern. abtretend, in der Tiefe (ca. $3\frac{1}{4}$″ vom Condyl. int.) in den Muskel hineingeht.

Für die intramuskuläre Erregung des Flexor digitor. sublim. und profund. habe ich die ganze Strecke, in welcher diese Muskeln der Elektrode erreichbar liegen, in Fig. 49 durch Striche bezeichnet.

Die Aeste für deu **M. radialis internus** und **palmaris longus**, welche sich neben einander von der inneren Seite des Medianus abzweigen, treten fast in gleicher Entfernung von der Elleubeuge in ihre Muskeln ein (der motorische Punkt für den M. radialis intern. lag bei der für Fig. 49 benutzten Versuchsperson ungewöhnlich weit entfernt vom Condyl. int.) und sind an den Ulnar-Rändern derselbeu meist leicht zu finden. Treten sie etwas verdeck in die Muskelbäuche ein, so ist doch eine kräftige Verkürzung jedes einzelnen Muskels

durch direkte Reizung der Substanz an der dem Eintritte entsprechenden Stelle zu erzielen.

Den Endast des Interosseus für den **M. pronator quadratus** und **flexor pollicis longus** habe ich nicht isoliren können wegen des tiefen Verlaufes, indessen ist es mir stets gelungen, den **Flexor pollicis**

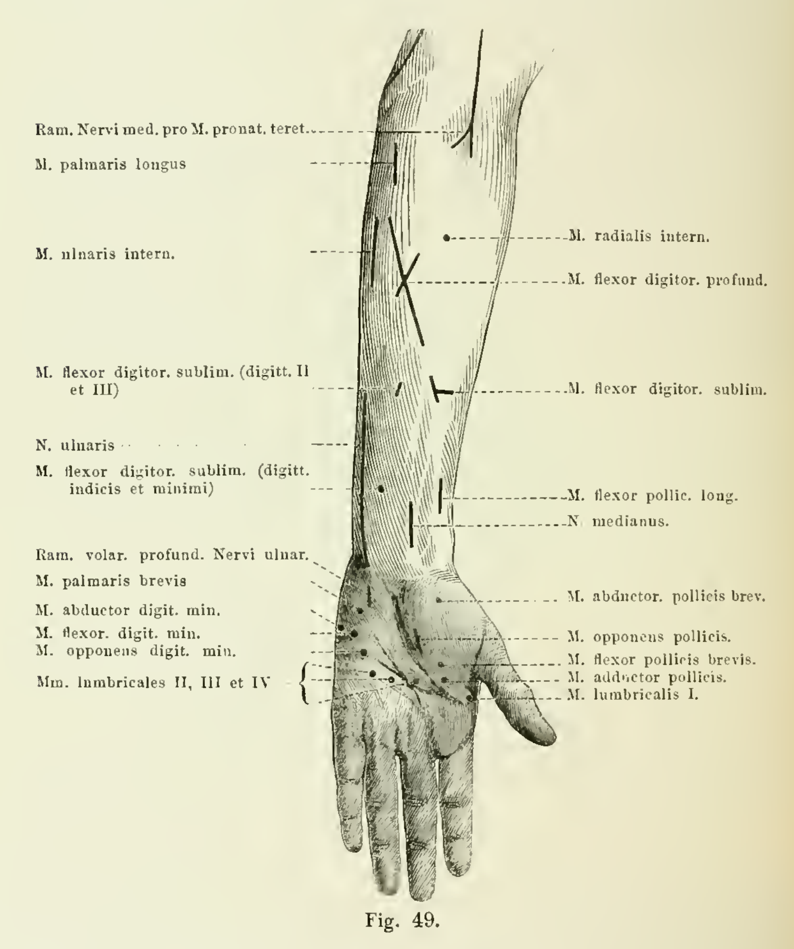


Fig. 49.

longus durch intramuskuläre Reizung kräftig zur Verkürzung zu bringen, indem ich die Elektrode eine Handbreit über dem Handgelenke zwischen den Sehnen des M. radialis internus und M. supinator longus aufsetzte (vergl. Fig. 49).

Bei mageren Individuen gelingt die Reizung des Flexor pollicis longus sogar von der Rückenfläche des Vorderarmes her, indem man

in der entsprechenden Entfernung vom Handgelenke die Elektrode kräftig zwischen die Vorderarmknochen gegen das Ligam. inteross. drückt (vergl. Fig. 54). Umgekehrt konnte ich auch zuweilen einige Streckmuskeln an mageren Armen von der Volarfläche des Vorderarms aus zur Verkürzung bringen.

Die motorischen Medianäste für die **Muskeln des Daumenballens** liegen meist so oberflächlich, dass der Anfänger an ihnen seine Studien beginnen mag. Ihre Eintrittsstellen folgen (vergl. Fig. 49) in nachstehender Reihe aufeinander:

M. abductor pollicis brevis,
M. opponens pollicis,
M. flexor pollicis brevis.

Verwachsungen der Muskeln untereinander stören häufig die Einsicht in den Effekt des einzelnen Muskels. Constant und effektvoll ist die Wirkung des M opponens pollic., welche in Fig. 50 dargestellt ist. Weniger klar ist der Effekt des M. abductor pollic. brevis. Am



Fig. 50.
M. opponens pollicis.

seltensten habe ich mich von der Wirkung des M. flexor pollic. brevis als eines Beugers der ersten Daumenphalanx überzeugen können.

Die Medianäste für die **Mm. lumbricales** I.—III. treten an deren Radialseite ungefähr in der Mitte ein (vergl. Fig. 49). Bei geringerer Dicke der Epidermis, sowie mit Hintansetzung der schmerzhaften Erregung der sensiblen Fingernerven erhält man von ihnen eine isolirte

Wirkung, indem man die Elektrode leise an die betreffenden Punkte ansetzt, nämlich eine schwache Beugung der ersten Phalanx des Zeige-, Mittel- und Ringfingers mit Vortreten des radialen Randes, insofern neben der Beugung eine schwache Drehung der Volarfläche des Fingers nach dem Ulnarrande der Hand stattfindet.

Besonders instructiv lässt sich die Reizung der Mm. lumbricales — auch des IV. vom N. ulnar. ram. superfic. innervirten — ausführen an der linken Hand solcher Personen, welche Geige spielen, weil hier die kleinen Muskeln durch Uebung zu einer besonderen Entwicklung gediehen sind (Mm. fidicinales).

Der **N. ulnaris** ist auf dem ganzen Verlaufe von der Achsel bis zum Ellenbogengelenke zu reizen (vergl. Fig. 47), indessen kommen hier leicht durch Verschiebung der Haut oder des Nerven unangenehme Einwirkungen auf den N. medianus zu Stande. Man wählt deshalb am besten die Rinne zwischen dem Olecranon und dem Condyl. int. humeri zum Angriffspunkte, da hier der Nerv nicht verschoben, sondern fest wider den Knochen gedrückt werden kann. Von hier aus erzeugt die faradische Reizung Schmerzempfindung im Bereich des Ram. palmaris longus und seiner Fingeräste an der Dorsal- und Volarseite der Hand, sowie Contractionen im M. ulnaris internus, im M. flexor digitor. profundus, im M. palmaris brevis, in den Muskeln des kleinen Fingers, in den Mm. interossei, lumbricoides quartus und adductor pollicis.

Der motorische Ast für den **M. ulnaris internus** tritt ganz nach nach aussen am Ulnarrande des Vorderarms (ca. $^3/_4$—1″ unterhalb des Condyl. int.) in den Muskel ein und ist zuweilen zu isoliren. Auch die direkte Reizung des Muskelbauches selbst giebt in seinem ganzen Verlaufe einen schönen Effekt. Er beugt die Hand gegen die Ulnarseite hin (vergl. Fig. 49).

Rückt man mit der Elektrode vom Bauche des M. ulnaris internus aus etwas weiter nach der Radialseite zu, so erfolgt sogleich energische Verkürzung der anliegenden Bündel des M. flexor digitor. profund.

Der Ulnarisast für den **M. flexor digitor. profund.** tritt weiter nach innen (ca. 1—1$^1/_2$″ unterhalb des Condyl. intern.) in den Muskel ein. Er ist ebensowenig wie der Medianast desselben Muskels zu isoliren.

Nach dem Abgange des Rückenastes ist der **N. ulnaris** eine grosse Strecke weit über dem Handgelenk an der Radialseite der

Sehne des M. ulnaris internus, ganz oberflächlich gelegen (vergl. Fig. 49), und setzt hier gereizt Schmerz in den Volarzweigen, sowie Contraction der oben genannten Handmuskeln. Die Hand wird hohl, der Daumen adducirt, der kleine Finger stark gebeugt und opponirt, die übrigen Finger im Metacarpal-Phalangeal-Gelenke mässig gebeugt.

Die Ulnariszweige der kleinen Handmuskeln sind, jedoch nicht ohne gleichzeitige intramuskuläre Reizung, an nachstehenden, auf Fig. 49 bezeichneten Orten zu reizen.

Der Ast des **M. abductor digiti minimi** tritt vom Dorsalaste ab und ist am Ulnarrande der Hand an der äusseren Seite des Os pisiforme zu suchen.



Fig. 51.
M. abductor digiti minimi.

Der Ast des **M. flexor digiti minimi** etwa $^3/_4$" vor dem Haken des Os hamat.

Der Ast des **M. oppon. digiti minimi** etwas weiter nach innen und vorne.

Zwischen dieser Stelle und dem Hakenbeine ist der Ulnarzweig für den **M. palmaris brevis** oder dieser selbst zu reizen. Die Verkürzung dieses kleinen Muskels setzt eine furchenartige Einziehung der Haut des Ulnarrandes (in der Nähe der Handwurzel, höchstens bis zur Mitte des Metacarpus) sowie eine schwächere Einziehung längs des Ulnarrandes des Ligam. carp. vol. propr. Indem diese beiden Einziehungen sich einander nähern, wird der Kleinfingerballen etwas herausgewölbt.

Verwachsungen hindern auch hier häufig isolirte Verkürzungen der einzelnen Muskeln.

Bei mageren Händen mit nicht dicker Epidermis gelingt es leicht, den **Ram. volaris profundus** dicht vor dem Uncus ossis hamati bei seinem Eintritte zwischen dem M. flexor und opponens digit. minimi zu isoliren (vergl. Fig. 49).

Der bogenförmig durch die Hohlhand zum **M. adductor pollicis** laufende Ast ist zuweilen zwischen den Metacarpalknochen des Zeige- und Mittelfingers zu treffen (vergl. Fig. 49), jedoch ist hierbei die Reizung der betreffenden sensiblen Medianzweige nicht zu vermeiden.

Die **Mm. interossei** von der Hohlhand isolirt zu reizen, gelingt nicht wegen der Dicke der Bedeckungen. Man begnüge sich deshalb mit der intramuskulären Reizung, welche auf dem Rücken der Hand vorgenommen werden kann (vergl. Fig. 52). Mit schwachem Strome und mässig festem Aufsetzen der Elektrode erlangt man hier eine Wir-

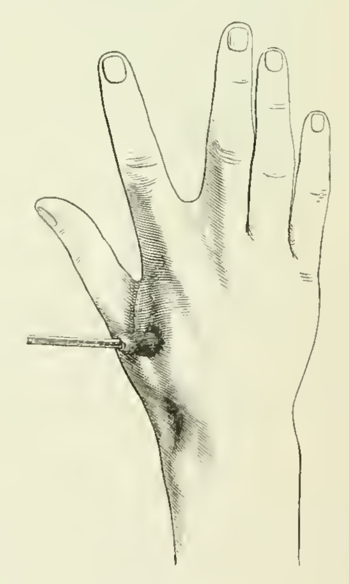


Fig. 52.
M. interosseus dorsalis I.

kung auf jeden M. interosseus externus allein — also Abduction des Zeige- oder Mittel- oder Ringfingers von der Mittellinie. Bei stärkerem Strome und kräftigem Aufdrücken der Elektrode tritt hierzu die

Wirkung der Mm. interossei interni, so dass beide gemeinsam bei gestrecktem Finger die erste Phalanx gegen den Metacarpus beugen. Dagegen findet, wenn nur eine Elektrode angewandt wird, eine Abduction des Fingers nach der gereizten Seite hin Statt, wie dies in Fig. 52 am M. interosseus externus primus demonstrirt.

Der N. **radialis** liegt am hintern Rande der Achselhöhle erreichbar, am oberflächlichsten aber und mit starkem Drucke sicher zu compriniren ist er an der äusseren Kante des Oberarmknochens, wo er sich um denselben nach vorne herumwindet. Man findet diese Stelle leicht, wenn man die Mitte zwischen dem Ansatze des Deltoideus und dem Condyl. extern. humeri aufsucht, und von dieser aus etwas nach aussen rückt (vergl. Fig. 53). Weiter abwärts zwischen Supinator longus und Brachialis intern. liegt er tiefer, aber doch auch meist erreichbar.

Die Aeste des N. radialis für die einzelnen Tricepsköpfe treten während seines spiraligen Verlaufes um den Humerus von ihm ab, sind aber wegen ihres tiefen Eintrittes nicht genau zu isoliren. Man muss sich mit der direkten Reizung der einzelnen Köpfe begnügen, die auch einen hinreichend kräftigen Effekt bei mässiger Schmerzhaftigkeit gewährt. Die Reizungsstelle für den äusseren Kopf ist auf Fig. 53, für den inneren auf Fig. 47 angegeben.

Der für den **M. brachialis intern.** bestimmte Ast des N. radialis (vergl. Fig. 53) fehlt nicht selten, oder lässt sich wenigstens nicht immer faradisch nachweisen.

Für den **M. supinator longus** gehen am Oberarm mehrere (gewöhnlich zwei) Aeste vom N. radialis ab, und treten 1" von einander entfernt (der unterste dicht oberhalb des Condyl. extern.) von der Tiefe her in den Muskel ein. Isolirte Reizung dieser Zweige ist wegen des tiefen Eintrittes unmöglich. Man erhält indessen, wenn man über der Eintrittsstelle des unteren Astes am Condylus (vergl. Fig. 53) die Elektrode aufsetzt, einen recht kräftigen Effekt, nämlich Beugung des Vorderarms in einer Stellung, welche die Mitte hält zwischen Pronation und Supination. Eine Supination findet also durch den Supinator long. nur dann Statt, wenn der Vorderarm stark pronirt stand; im Uebrigen ist er als Beugemuskel zu betrachten.

Reizung des N. radialis über dem Condyl. extern. erregt schmerz-

hafte Sensation im Bereich des N. radial. superfic. bis zu den Fingern hin (Dorsalfläche), sowie Verkürzung im M. supinat. brevis, ulnaris extern., radialis extern., extens. digit. commun., extens. indicis und digit. minimi propr., extens. poll. long. und brevis und adductor poll., folglich Supination des Vorderarms mit completer Streckung der Hand und des Daumens, Streckung der ersten Phalangen der übrigen Finger, während die beiden letzten Phalangen schwach gebeugt stehen bleiben, weil die Mm. interossei nicht in Action sind.

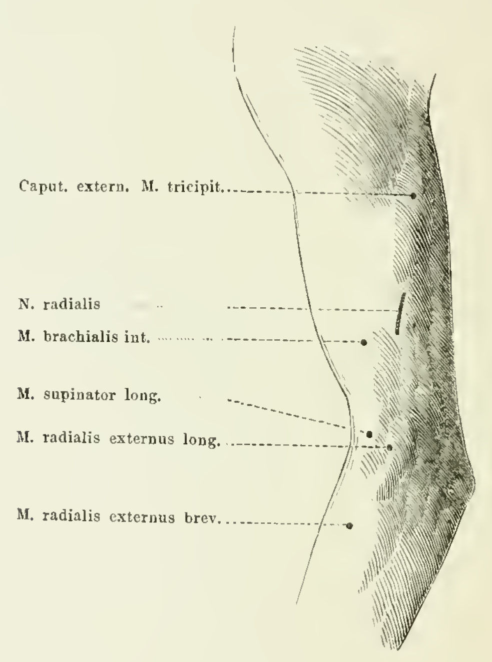


Fig. 53.

Der **M. radialis extern. longus** ist wegen tiefen Eintritts seiner Nerven nicht auf extramuskulärem Wege, sondern nur auf intramuskulärem zu reizen. Den kräftigsten Effekt gibt das Aufsetzen unmittelbar unter den Condyl. externus (vergl. Fig. 53).

Während seines Durchtritts durch den **M. supinator brevis** gibt der N. radialis profundus für diesen Muskel zwei Aeste ab, welche hinter dem M. radialis externus brevis liegend nur bei mageren Leuten durch Verschiebung des letzteren direkt gereizt werden können. Der

M. radialis extern. brevis selbst ist direkt zu reizen und leicht zu finden (vergl. Fig. 53 und 54).

Nach seinem Durchtritte durch den M. supinator brevis bildet der N. radialis profundus eine Art von Knoten oder Gänsefuss, aus dem die meisten der nachstehenden Aeste entspringen. Derselbe ist bei sehr mageren Leuten zuweilen isolirt zu reizen.

Zunächst erhält der **M. extensor digitorum commun.** zwei Aeste, von denen der eine kürzere von der Tiefe her nach dem Radial-

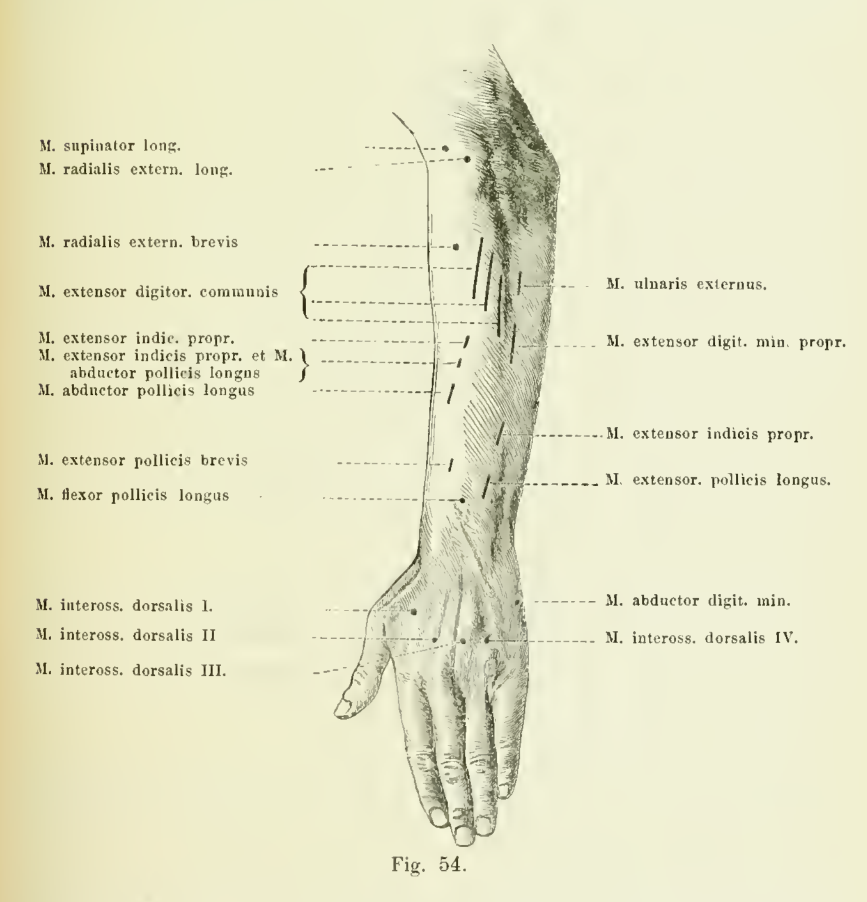


Fig. 54.

rande des Muskels hin, der andere, ungefähr $1/2$" länger, in gleicher Höhe, jedoch mehr an dem Ulnarrande des Muskels, in diesen sich einsenkt. Man thut gut, sich hier beider Elektroden zu bedienen, weil

man nur durch die Erregung beider Aeste eine complete Verkürzung aller Bündel dieses Muskels erzielt.

Bei vielen Personen jedoch handelt es sich offenbar nicht um eine Reizung der motorischen Nerven, sondern um direkte Muskelreizung. Da diese wegen ihrer constanteren Wirkung bei geringer Empfindlichkeit der Haut therapeutischen Intentionen mehr Genüge leistet als jene, so habe ich in Fig. 54 die für direkte Reizung der einzelnen Bündel geeigneten Regionen durch Striche angedeutet. Auch bei der direkten Reizung ist die Application beider Elektroden oder bei Fixation der Indifferenten auf dem Sternum eine grosse Elektrode nothwendig, um eine complete Verkürzung zu erzielen.

Der Effekt der Letzteren ist Streckung der Hand und der Finger, wobei diese von einander entfernt (gespreizt) werden, und die beiden letzten Phalangen in leichter Beugung verharren. Man kann an sich selbst am besten wahrnehmen, dass die beiden letzten Phalangen von dem Extens. digitor. comm. unabhängig sind. Reizt man den letzteren mit sehr kräftigem Strome, so stehen die ersten Phalangen in äusserster Streckung und können selbst mit grossem Kraftaufwande nicht gebeugt werden. Die beiden letzten Phalangen sind dagegen frei beweglich und erlauben passive Beuge- und Streckbewegungen mit ihnen vorzunehmen. Erst durch gleichzeitige Contraction der Interossei wird eine energische Streckung der vordersten Phalangen erzielt. Diese muss also zu dem Extens. digit. commun. hinzutreten, wenn Streckung sämmtlicher Phalangen gleichzeitig mit Streckung der Hand zu Stande kommen soll.

Es ist übrigens überaus leicht, Contractionen in den einzelnen Bündeln des M. extensor digitor. comm., welche ziemlich unabhängig von einander sind und durch die zweckmässige Anordnung der Sehnen eine isolirte Streckung jedes Fingers erzeugen lassen, zu erzielen, wenn man sich der intramuskulären Reizung bedient.

Der nächste Ast des N. radialis ist der für den **M. ulnaris externus** bestimmte. Kurz und dick dringt er von der Tiefe her in den Muskel ein, und zwar in der Nähe seines Radialrandes. Dass sich der Nerv isoliren lässt, ist unzweifelhaft, allein es ist darauf nicht bestimmt zu rechnen und deshalb die direkte Muskelreizung an oder über dem Eintritt des Nerven (vergl. Fig. 54) zu wählen.

Der Effekt der Verkürzung des Ulnaris externus ist Streckung der Hand nach der Ulnarseite hin.

Der **M. anconaeus quartus** erhält zwei Aestchen vom N. radialis, welche am Radialrande eintreten. Durch diese (oder direct in Contraction versetzt bewirkt der Muskel eine deutliche aber schwache Streckung des Vorderarmes.

Der **M. abductor pollicis longus** erhält gewöhnlich ein langes Zweiglein des Radialis von oben her, welches auf seinem Laufe häufig an mehreren Stellen isolirt gereizt werden kann, constant aber nur in der Nähe des Muskels. Derselbe adducirt, wie Fig. 55 zeigt, die I. und II. Phalanx des Daumens nach der Radialseite hin, während die vorderste Phalanx in halbgebeugter Stellung steht.

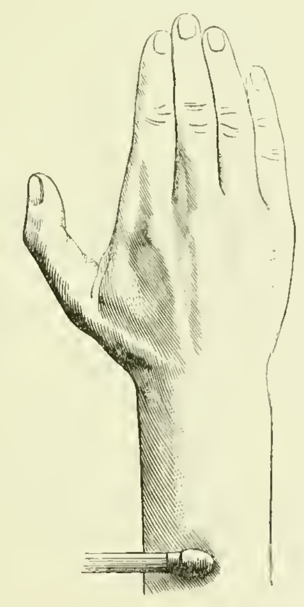


Fig. 55.
M. abductor pollicis longus

Fast immer findet man oberhalb dieser Stelle auch den Ast für den **M. extens. digiti indicis proprius**. Die Elektrode wird hier hart am Radialrande des M. extens. digitor. comm. aufgesetzt.

Zwischen den motorischen Punkten des Mm. extensor indic. propr. und abductor pollic. long. gerade in der Mitte trifft man einen für beide genannten Muskeln gemeinsamen Reizpunkt (vergl. Fig. 54).

Am Ulnarrande des Vorderarms trifft man zuerst den Ast des

M. extensor digiti minimi proprius (vgl. Fig. 54), welcher sich jedoch nur selten ohne gleichzeitige Läsion der Muskelsubstanz isolirt reizen lässt. Der auf der Fig. 54 gezeichnete Strich zeigt die Ausdehnung an, in welcher der Muskel der direkten Reizung zugänglich wird.

Es folgt dann weiter unten der **M. extensor indicis proprius**, dessen Nervenzweig schon oben am Radialrande des gemeinsamen Fingerstreckers zu isoliren war. Weiter nach innen, am Radialrande der Sehnen des M. extensor. digitor. comm. präsentirt sich der gemeinsame Ast für die beiden **Mm. extensores pollicis** (dieser liess sich übrigens bei der für Fig. 54 verwertheten Versuchsperson nicht nachweisen, während es bei den meisten Menschen keine Schwierigkeit hat; die motorischen Punkte für jeden einzelnen Muskel sind in Fig. 54 vorhanden), welcher in grösserer oder geringerer Entfernung von dem Bestimmungsorte in zwei Aeste, der eine für den Extens. poll. brevis, der andere für den longus, zerfährt, und somit sowohl eine isolirte Verkürzung jedes einzelnen Muskels möglich macht, als auch eine gleichzeitige Contraction beider Strecker des Daumens gestattet, indem man mit der Elektrode über die Theilungsstelle hinaus auf den gemeinsamen Ast hinaufrückt.

Man wird sich nach diesen Angaben bald mit den etwas complicirten Lageverhältnissen der Muskeln des Vorderarms und ihrer Nerven vertraut machen. Die isolirte Reizung der einzelnen motorischen Zweige bietet hier, mit einer feinen Elektrode ausgeführt, bei mageren Armen oft nicht mehr Schwierigkeiten, als wir am Kopfe und am Halse vorfinden. Andererseits ist hervorzuheben, dass es bei einer solchen Anzahl von kleinen Muskeln, welche sich zum grossen Theil berühren oder decken, und deren Nerven aus dem oben erwähnten Knoten entspringend und sich von hier aus fächerförmig ausbreitend einander sehr nahe liegen müssen, sehr schwer, ja vielfach unmöglich ist, mit Sicherheit zu sagen, ob die Verkürzung des Muskels durch Reizung des motorischen Nerven oder der Muskelsubstanz gesetzt ist. Es kommt ja hierauf auch am Ende wenig an.

Rumpf.

Ueber die **Musculi intercostales** habe ich Gelegenheit gehabt, interessante Beobachtungen an zwei Männern zu machen, welche auf

je einer Seite angeborenen Mangel des M. pectoralis minor und fast der ganzen Portio sternocostalis des M. pectoralis major zeigten. Vom ganzen Sternum ist nur das Manubrium der Ursprung von Fasern, sodass der untere Rand des vorhandenen Muskelbauches am Stamm in der Höhe des oberen Randes der 2. Rippe liegt. Bei beiden Männern lagen die obersten vier Intercostalräume (der erste nur dann, wenn man die erhaltene Clavicularportion des Pector. major hinaufdrängte nach der Clavicula) frei und nur von der Haut bedeckt zu Tage und gestatteten eine unmittelbare Exploration.

Der erste Fall (Ch. Köppen, damals 44 J. alt, Arbeiter) wurde von mir in Greifswald im Jahre 1856 aufgefunden, der zweite Kranke (Friedr. Geyer, 19 J. alt, Schuhmachergeselle) befand sich 1871 in der Erlanger Poliklinik. Bei dem ersten Kranken befindet sich der Defekt auf der rechten, bei dem zweiten auf der linken Brusthälfte.

Es ist endlich ein dritter Fall — ebenfalls aus der Erlanger Klinik — im Jahre 1860 von Baeumler[1]) beschrieben, welcher genau denselben Defekt des Pectoralis major und minor rechterseits darbietet. Da auch dieser dritte Fall von Baeumler in Bezug auf die Function der Intercostalmuskeln nach meiner Methode genau untersucht ist, so kann ich die Ergebnisse desselben um so eher hier mit aufführen, als dieselben bis auf einen Punkt genau mit den meinigen übereinstimmen.

Dieser Differenzpunkt, welcher auch zwischen meinen eigenen Beobachtungen besteht, ist folgender:

Eine genaue Betrachtung der Respirationsbewegungen Seitens der Rippen und der freiliegenden Zwischenrippenräume ergibt bei Köppen: dass die Intercostalräume sich bei ruhiger Inspiration vertiefen, bei der Exspiration aber fast ins Niveau der Rippenfläche treten. Dass bei dieser inspiratorischen Vertiefung immer die nächstuntere Rippe gehoben wird, fühlt man deutlich mit in den Intercostalraum eingelegtem Finger, welcher bei jeder Inspiration von den Rippen gedrückt wird.

Bei forcirter Inspiration sinken in der ersten Hälfte derselben die Intercostalräume wie gewöhnlich ein; in der letzten Hälfte dagegen, also dann, wenn es wirklich auf gewaltsame Erweiterung des

---

[1]) Baeumler, Beobachtungen und Geschichtliches über die Wirkung der Zwischenrippenmuskeln. Inaug.-Abhandlung. Erlangen 1860.

Brustkastens ankommt, verschwindet die Vertiefung plötzlich, die Intercostalräume werden zu einer fast im Niveau der Rippen liegenden Ebene und man fühlt mit den Fingerspitzen die Contraction der Intercostales externi.

Bei der Exspiration sinkt die Rippe herab und vermindert sich der Widerstand der Intercostalmuskeln, wie der in den Intercostalraum eingesetzte Finger verspürt.

Bei Baeumler's Kranken, sowie bei meinem zweiten Falle war dagegen das inspiratorische Einsinken bei ruhigem Athmen nicht wahrnehmbar, vielmehr fand hier nur im Beginn einer forcirten Inspiration ein leichtes Einsinken der Intercostalräume Statt, um sofort, wie oben angegeben, ausgeglichen zu werden. Nach diesen und einigen anderen Beobachtungen von Baeumler und mir bin ich jetzt geneigt, mit Baeumler anzunehmen, dass das inspiratorische Einsinken der Intercostalräume ein rein physikalisches Phänomen sei, welches seinen Grund in einer vorübergehenden Herabsetzung des intrathoracischen Druckes durch rasche Contraction des Zwerchfells, bevor die Intercostalmuskeln ihre Verkürzung begonnen haben, finde.

In den übrigen wichtigeren Erscheinungen bestätigen die Angaben Baeumler's alle von mir 1857 (in der I. Auflage dieses Buches) mitgetheilten Beobachtungsresultate. Lässt man den intrathoracischen Druck durch kräftige Exspirationsbewegungen bei verengter oder geschlossener Glottis abnorm steigern (durch Husten, Lachen, Pressen), so bemerkt man bei jedem einzelnen Exspirationsstosse eine Hervorwölbung jedes Intercostalraumes über die Rippenoberfläche in Form eines Wulstes von 1—2''' Höhe, welcher sowohl gesehen als gefühlt werden kann. Die Spatia intercartilaginea zeigen nur eine sehr geringe Betheiligung an dieser Bewegung der Intercostalräume.

Die Reizung des einzelnen M. intercostalis externus vermittelst einer dünnen Elektrode, welche ich unmittelbar am Ursprunge des M. serratus magnus scharf gegen den unteren Rand der obern Rippe andrücke, setzt während ruhiger Respiration sofort eine Contraction des M. intercost. ext. von der Reizungsstelle bis zur Verbindung der Rippen mit ihren Knorpeln, und damit eine kräftige, deutlich sichtbare und fühlbare Erhebung der nächstunteren Rippe nach aussen und oben. Diese Erhebung theilt sich mittelbar auch der zweit-

unteren Rippe mit, deren Bewegung man ebenfalls sowohl sehen, als mit den aufgelegten Fingerspitzen fühlen kann.

Verstärke ich den Strom allmälig, so zwar, dass ich annehmen muss, dass er bis zu dem M. intercost. internus durchdringt, so lässt sich doch keine Veränderung in der Stellung der Rippe und des Zwischenrippenraumes wahrnehmen. Letzterer steht, so lange die Reizung währt, starr in einer schief nach aussen abfallenden Ebene und ist bretthart anzufühlen. Die während der Dauer der Reizung vor sich gehenden Inspirationen und Exspirationen ändern Nichts an diesem Zustande. Lässt man während der Reizung forcirte In- und Exspirationsbewegungen vornehmen, z. B. husten, so bleiben die gereizten Intercostalmuskeln unverändert wie eine Wand stehen, während an den übrigen Intercostalräumen das Zurücksinken und Vorwölben deutlich wahrnehmbar ist.

Drücke ich auch mit aller Kraft meiner Finger und Arme die untere Rippe herab und reize dann die Intercostalmuskeln, so ist doch ein Herabgehen der oberen Rippe nicht erkennbar, vielmehr werden die drückenden Finger durch die untere Rippe gehoben.

Mit starkem Strome kann man den Widerstand der Ligamenta coruscantia überwinden und so auf die zwischen den Rippenknorpeln gelegene Partie des M. intercost. intern. isolirt einwirken. Die Verkürzung derselben bewirkt eine ziemlich kräftige Erhebung der nächstunteren Rippe.

Aus diesen Beobachtungen dürfte Folgendes hervorgehen:

An den vier obersten Intercostalräumen treten bei ruhiger Inspiration die Mm. intercostales nur wenig in Thätigkeit, um so intensiver dagegen ist ihre Contraction bei gewaltsamer Inspiration. Sowohl die Mm. intercostales interni als die externi sind Heber der Rippen.

Bei der Exspiration verhalten sich die Intercostales der vier obersten Zwischenrippenräume relaxirt und werden bei forcirter Exspiration über das Niveau der Rippen hervorgewölbt, indem die Compression der unteren Hälfte des Thorax und der enthaltenen Luft Seitens der exspiratorischen Hülfsmuskeln den inneren Druck abnorm steigert. Während des faradischen Tetanus des Intercostalmuskels unterbleibt an demselben die Relaxation resp. Vorwölbung bei der Exspiration.

Bauch.

Die **Bauchmuskeln** gestatten einer feinen Elektrode nur bündelweise Contractionen, da sie von mehreren Nerven innervirt werden. Die **Nn. intercostales abdominales** sind zum grössten Theile in den Intercostalräumen einzeln zu verfolgen, und die isolirte Erregung der einzelnen setzt natürlich nur eine complete Contraction der von ihnen versorgten Bündel. Man kann durch Theilung der Leitungsdrähte sich so viele Elektroden schaffen, dass man auf jeden Intercostalnerven isolirte Reizung ausüben kann. Dieses Verfahren ist aber

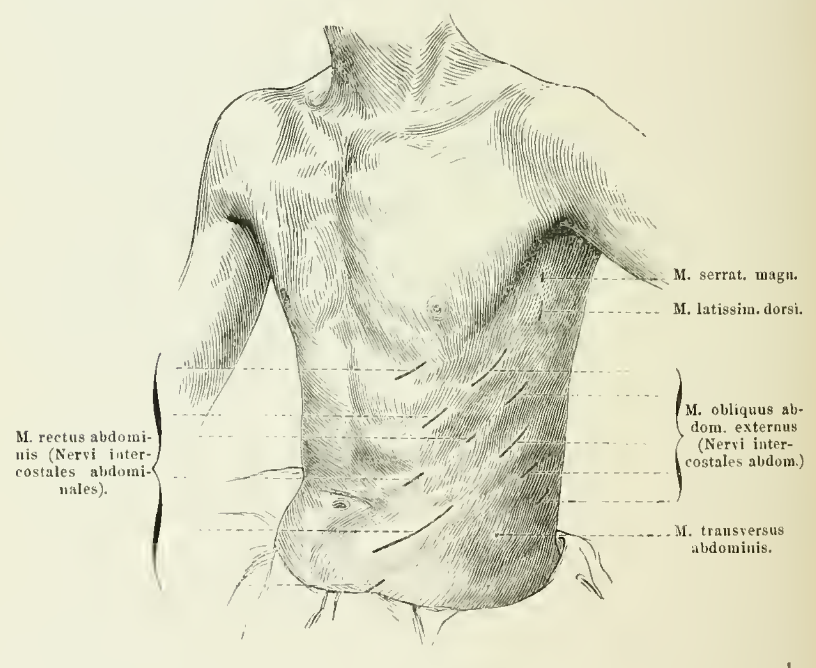


Fig. 56.

umständlich und zeitraubend, und bringt uns doch die Totalwirkung des Muskels nicht rein zur Anschauung. Für den praktischen Zweck genügt es, die einzelnen Bündel zur Verkürzung zu bringen oder sehr grosse Elektrodenplatten zur Anwendung zu bringen.

Der **M. rectus abdominis** erhält ebensoviele Nerven, als er Bäuche zählt. Diese treten am äusseren Rande in ihn ein und ge-

statten nur an den Eintrittsstellen isolirte Reizung, da sie weiterhin von dem M. obliquus bedeckt werden (vergl. Fig. 56). Man entdeckt sie leicht am äusseren Rande ziemlich in der Mitte und findet, dass der Reizung jedes einzelnen Nerven ein Hart- und Prallwerden des entsprechenden Muskelbauches folgt. Die oberen Portionen ziehen die Bauchwand nach oben, die unter dem Nabel gelegenen nach unten. Alle ziehen dabei, so weit sie sich erstrecken, die Bauchwand nach innen, oder vielmehr sie suchen statt der Wölbung des Bauches zwischen Symphyse und Sternum eine Ebene herzustellen. Dies ist am besten an der unter dem Nabel gelegenen triangularen Portion bemerkbar, welche, sie mag in zwei Bäuche getheilt sein oder nicht, von zwei Nerven, einem oberen starken und einem unteren schwachen versorgt wird. Bei nicht zu starkem Panniculus adiposus sieht man hier, wenn man die bezeichneten Nerven sowohl rechts als links reizt, kräftiges Herabziehen des Nabels mit Einsinken des nach unten abgestumpften Dreiecks, welches die untere Portion bildet, während die Bauchwand zu beiden Seiten gewölbt bleibt. Es genügt schon, um diesen Effekt hervorzubringen, den oberen (dickeren) Nerven auf beiden Seiten zu reizen. Besser aber noch ist die Wirkung, wenn man mit vier Elektroden die oberen und unteren Nerven gleichzeitig reizt.

Die Nerven des **M. obliquus abdominis externus** suche man in den unteren Intercostalräumen am Ursprunge der oberen Zacken des Muskels (vergl. Fig. 56). Ich habe stets gefunden, dass die zum Poupart'schen Bande herablaufenden Bündel, welche vom 11. und 12. Dorsalnerven versorgt werden, die kräftigste Verkürzung gestatten, weil man am freien Ende der 11. und 12. Rippe am tiefsten mit der Elektrode auf den Nerven eindringen kann, und dass sie die kräftigste Wirkung äussern, weil sie die längsten und mächtigsten sind. Es erfolgt bedeutende Abflachung des Bauches in der Richtung der verkürzten Bündel. Reizt man die äusseren Bündel der Mm. obliqui externi beiderseits mit mehreren Elektroden, so gewinnt die Bauchwand eine komische Configuration. Die äussere Partie beiderseits ist zu einer Ebene geworden, während die mittlere Partie der Bauchwand eine starke, schmale Vorwölbung bildet.

Auf den **M. transversus abdominis** wirkt man recht kräftig, wenn man eine nicht zu kleine Elektrode beiderseits über der Crista

ilei, nahe am äusseren Rande des Quadratus lumborum (vergl. Fig. 56) in die Weiche eindrückt. Selbst bei mageren Personen gelingt es indessen nicht immer, den M. transversus zu erreichen, und man kann bei fetten Individuen zuweilen nicht die geringste Wirkung von dem Muskel erzielen. Bei günstiger Beschaffenheit des Bauches erfolgt tiefe Einschnürung desselben in die Quere. Bedient man sich hier eines starken Stromes, so erhält man beim Kettenschluss eine ebenso kräftige (auch phonatorische) Wirkung, als wenn der Mensch sich seiner Bauchpresse zur Entleerung des Rectum, des Uterus oder der Blase mit grösster Anstrengung bedient.

Rückt man mit der Elektrode weiter nach vorne, so erlangt man durch kräftiges Eindrücken oberhalb der Spina ilei anter. super. eine partielle Wirkung auf den **M. obliquus abdominis internus.**

Von den **Rückenmuskeln** sind schon einige bei der Betrachtung des Halses erwähnt. Diese liessen sich durch extramuskuläre Reizung ihrer Nerven zur Verkürzung bringen. Der intramuskulären Reizung zugängig ist noch der **M. splenius capitis**, dessen Reizung an seinem äusseren Rande (vergl. Tafel) eine ziemlich kräftige Drehung des Kopfes nach derselben Seite hin erzeugt. Die übrigen, tiefer gelegenen Muskeln des Halses und Nackens entziehen sich einer localisirten Faradisirung, wenigstens einer isolirten, gänzlich.

Der **M. latissimus dorsi**, sowie der **M. teres major** und **minor** und **M. serratus posticus inferior** gestatten meistentheils nur intramuskuläre Reizung, indessen kann man im M. latissimus am obern vordern Ende desselben, also an der hintern Wand der Achselhöhle, indem man mit der Elektrode zwischen Thoraxwand und Scapula resp. Rand des Latissimus dorsi eindringt und die Elektroden nach aussen richtet, von der Innenfläche des Muskels her seinen Nerven (M. thoracico-dorsalis) erreichen und eine kräftige Contraction erzeugen (vergl. Fig. 56).

Von den Rückenmuskeln der dritten Schicht ist es nur der **M. opisthotenar,** von dem man durch starke Ströme auf intramuskulärem Wege eine isolirte Wirkung erzielt. Man kann durch energische Reizung resp. Contraction desselben die Wirbelsäule nach der betreffenden Seite hin beugen.

Untere Extremitäten.

Die isolirte Erregung der motorischen Nerven an den Unterextremitäten bietet insofern weniger Schwierigkeiten, als hier die gröberen Verhältnisse nicht eine so bedeutende Genauigkeit in der Ausführung nöthig machen. Andererseits aber treffen wir an den Unterextremitäten im Allgemeinen eine dickere Epidermis sowie häufig ein stärkeres Fettpolster als an den Oberextremitäten. Wir finden ferner, dass die einzelnen motorischen Zweige häufig aus der Tiefe her in ihre Muskeln eintreten und deshalb der Elektrode nicht erreichbar sind. Aus diesen Gründen, sowie wegen des grösseren Volumens der der Muskeln bedürfen wir an den Oberschenkeln eines stärkeren Stromes und grösserer Elektroden als an den übrigen Theilen des Körpers. An den Unterschenkeln ist die Empfindlichkeit der Haut vermöge ihres grossen Reichthums an sensiblen Nerven so beträchtlich, dass sich hier die Anwendung starker Ströme meistentheils von selbst verbietet. Endlich ist zu erwägen, dass bei der grossen Flächenausdehnung hier Varianten im Verlauf der Nerven und in der Art und Weise ihrer Verbreitung in den Muskeln häufig sind, dass also die motorischen Punkte in ihrer Lage nur annähernd richtig bestimmt werden können.

Der **N. cruralis** liegt nach seinem Durchtritte unter dem Lig. Poupartii in der Rinne des M. iliacus ganz oberflächlich und kann eine Strecke weit gereizt werden (vergl. Fig. 57). Seine Erregung setzt energische Streckung des Unterschenkels, allein auch erhebliche Schmerzen im Bereiche des N. saphenus major, minor und cutan. femor. ant. und med., also an der vorderen und inneren Seite des Oberschenkels, des Knie's und der Innenfläche des Unterschenkels bis zur grossen Zehe.

Die motorischen Aeste des N. cruralis lassen sich zum grössten Theil isoliren, jedoch mit Sicherheit nur bei mageren Leuten. Bei fetten Personen mit dicken Oberschenkeln gelingt eine Isolirung der einzelnen Muskelnerven nur in sehr beschränktem Maasse, während die direkte Reizung der Muskeln über den Eintrittsstellen ihrer Nerven immer noch einen recht kräftigen Effekt giebt.

Bei sehr mageren Personen gelingt es, den Hauptast des N. cruralis, welcher für den **M. extensor cruris quadriceps** bestimmt ist, am innern Rande des M. rectus (vergl. Fig. 57) zu finden. Die Reizung desselben, welche einen kräftigen Druck erfordert, setzt gleichzeitige Contraction aller Strecker an der vordern Oberschenkelfläche.

Der Ast des **M. rectus femoris** tritt von hinten her, aber doch mehr am inneren Rande des Muskels ein, und zerfährt kurz vor

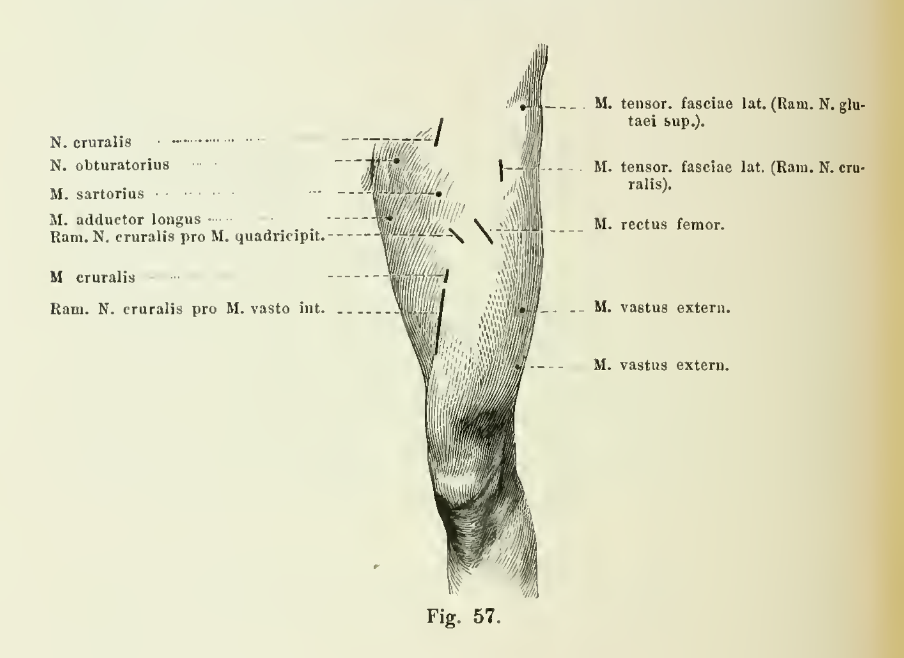


Fig. 57.

seinem Eintritte (in einer Entfernung von 4—5½″ von der Spina ilei ant. sup.) in zwei oder mehr Zweige. Man schiebt hier die Elektrode vom inneren Rande her scharf unter den Muskel.

Der **M. vastus externus** erhält zwei Aeste, welche an dem äusseren Rande des Rect. fem., ca. 2—3″ von einander entfernt bald höher, bald tiefer in den Muskel eintreten. Schon die Erregung des oberen (stärkeren) Astes setzt kräftige Contraction des Vastus externus, wobei der innere Rand wie eine harte Kante vorspringt; die Wirkung ist aber noch besser, wenn man für den untern Ast die negative Elektrode herbeizieht (vergl. Fig. 57).

Der **M. cruralis** erhält mehrere Aeste, von denen bald der

äussere, bald der innere stärker und der Elektrode erreichbar ist. Bei der für Fig. 57 benutzten Versuchsperson gelang die Verkürzung ziemlich vollständig vom inneren Rande her. Jedoch bleibt es zweifelhaft, ob hier nicht direkte Muskelreizung vorlag.

Der motorische Ast des **M. vastus internus** ist nächst dem N. cruralis am leichtesten zu isoliren, da er ungetheilt und oberflächlich einige Zoll zwischen Vastus int. und Sartorius herabläuft (vergl. Fig. 57). Schon ein mässig starker Strom setzt eine sehr energische Verkürzung des Muskels, indessen ist hierbei die gleichzeitige Reizung des N. saphenus major oder minor selten zu vermeiden. Man senke den Griff der Elektrode gegen den andern Oberschenkel und dränge den Ast des Vast. internus während des Aufsetzens etwas nach aussen. Auf diese Weise wird man dem Patienten einen erheblichen Schmerz ersparen.

Der **M. sartorius** erhält mehrere Aeste von N. cruralis, jedoch ist der oberste Ast, welcher ziemlich weit oben vom Cruralis abtritt, gewöhnlich der stärkste und deshalb mit der negativen Electrode zu suchen, dagegen die positive für die unteren Zweige zu verwerthen oder, wenn diese nicht zu bestimmen sind, direkt auf den Muskelbauch in der unteren Hälfte aufzusetzen. Die obere Electrode lädirt leicht den N. cruralis selbst, indem sie beim Eintritt der Contraction des Sartorius von demselben nach innen abgleitet.

M. tensor fasciae latae erhält meistentheils sowohl vom N. glutaeus superior, als auch vom N. cruralis einen Ast. Der erstere läuft unterhalb der Crista ossis ilei zu dem oberen Theil des Muskels hin, der andere tritt am inneren Rande tiefer als der vorige ein (vgl. Fig. 57). Beide sind leicht zu erreichen.

Der Effect der Contraction des M. tensor fasciae, welche schon bei Reizung seines vorderen kräftigeren Nerven hinreichend energisch ausfällt, ist Anspannung der Fascia lata, wodurch die Wölbung der äusseren Schenkelfläche geebnet und die Muskelmasse des M. vastus extern. nach innen verschoben wird.

Nerv. obturatorius, oder vielmehr das Convolut seiner Zweige (da er sich schon im Canal. obtur. auflöst), lässt sich selbst bei starkem Panniculus adipos. sofort am Foramen obturator. erreichen (vgl. Fig. 57), indem man die Elektrode fast senkrecht gegen den horizontalen Schambeinast aufsetzt und mit kräftigem Drucke Haut, Fettpolster und M.

pectineus über ihm comprimirt. Diese Erregung in toto bewirkt eine äusserst kräftige Adduction des Oberschenkels, ist aber sehr schmerzhaft theils durch den grossen Reichthum der Haut an sensiblen Aesten aus dem N. genito-cruralis, theils wegen der grossen Menge sensibler Fasern, welche dem N. obturatorius selbst beigemischt sind und sich an der inneren Seite des Oberschenkels und des Knie's verbreiten.

Die Aeste des Obturatorius, welche sofort nach dem Austritte von hinten her in den **M. pectineus** eintreten, sind nicht zu isoliren, sondern machen eine intramusculäre Reizung nothwendig.

Der Zweig für den **M. adductor brevis** tritt, bedeckt vom M. pectineus und circa $1^3/_4''$ vom horizontalen Schambeinaste entfernt, in den Muskel von hinten und innen ein und kann hier durch tiefes Eindrücken der dünnen Electrode zuweilen isolirt werden.

Der Zweig des **M. adductor longus** liegt zwischen diesem Muskel und dem M. pectineus ganz oberflächlich, und kann hier, $2^1/_4''$ vom horizontalen Schambeinaste (vergl. Fig. 57), am besten gereizt werden. Weiter abwärts theilt sich der Nerv in zwei divergirende Zweige, welche von der Tiefe her in den Muskel eintreten.

Der Zweig des **M. gracilis** hat den längsten Verlauf und wird zwischen seinem Muskel und dem M. adductor longus, ca. 4″ vom horizontalen Schambeinaste am leichtesten gefunden. Sein Eintritt geschieht etwas später (ca. 6—7″ vom Os pubis entfernt), nachdem er kurz vorher in sieben bis acht kurze Zweige zerfahren ist.

Der hintere Ast des N. obturatorius geht durch den M. obturator extern. hindurch nach hinten zum **M. adductor magnus**. Sein Eintritt in denselben liegt tief und vom M. adduct. brevis bedeckt, ca. $2^3/_4''$ vom horizontalen Schambeinast entfernt. Er kann hier nur bei sehr schlaffer Muskulatur und fettloser Haut durch tiefes Eindrücken der Elektrode erreicht werden. Leichter und schmerzloser geschieht die Reizung des Muskels am hinteren inneren Umfange des Oberschenkels (vergl. Fig. 58), wo eine sehr kräftige Wirkung erzielt wird.

Der **N. glutaeus superior** entgeht durch seine tiefe Lage der directen Reizung. Nur einmal bei einem sehr mageren Manne war ich im Stande, seinen mittleren Ast hinter und über dem Trochanter major zu isoliren und erzielte eine kräftige Verkürzung des M. glu-

taeus medius. Da sich dieser Nerv zum M. tensor fasciae latae hinaufschlägt, so kann man letzteren in Contraction versetzen, wenn man den Lauf des Nerven dicht unter dem Lab. extern. cristae ilei bis an den Tensor fasciae latae (vgl. Fig. 57) verfolgt.

Der **N. glutaeus inferior** entgeht ebenfalls dem faradischen Strome, weil er von dem M. glutaeus maxim. bedeckt wird und von der Tiefe her in diesen eintritt. Nicht selten jedoch findet man am unteren Umfange der Nates seinen Ram. inferior., der sich zuweilen bis an den unteren Rand des M. glut. maxim. herabschlägt, und kann alsdann von hier aus (vgl. Fig. 58) eine kräftige Verkürzung der unteren Hälfte des grossen Gesässmuskels erzielen. Findet man den Ram. infer. N. glut. inf. nicht, so muss man sich mit der intramuskulären Reizung begnügen, welche sich schon bei mässigem Strome als zweckentsprechend erweist.

Der **N. ischiadicus** ist, obgleich bedeckt von den dicken Beugemuskeln des Unterschenkels, doch am unteren Rande des Glutaeus maxim. zwischen Trochanter major und Tuber Ischii in der Mitte (vgl. Fig. 58) durch tiefes Eindrücken einer starken, mit ziemlich grosser Contactfläche versehenen Elektrode zu erreichen. Es ist jedoch hierzu wegen der Dicke der darüberliegenden Weichtheile ein starker Strom zu nehmen.

Der Effect ist besonders bei mageren Personen eine kräftige Beugung des Unterschenkels und Contraction in allen Muskeln des Unterschenkels und Fusses mit lebhaften Schmerzen im Bereich sämmtlicher sensibler Zweige des Ischiadicus.

Auch zur Faradisirung der vom Ischiadicus am Oberschenkel abgehenden motorischen Aeste ist wegen ihrer tiefen Lage ein starker Strom und kräftiger Druck erforderlich. Diese motorischen Aeste der Flexoren treten ziemlich alle in gleicher Höhe in ihre Muskeln ein, nämlich circa $5^3/_4''$ vom untern Umfange des Tuber Ischii oder $1^1/_2''$ vom unteren Ende des Glutaeus maximus entfernt.

Der **M. biceps femoris** erhält für sein Caput longum einen Ast hoch vom Ischiadicus abtretend und von der Tiefe her in den Muskelbauch sich einsenkend; die (directe) Reizung des Caput long. geschieht oberhalb des Nerveneintrittes in der Mitte der hinteren Fläche des Oberschenkels (vgl. Fig. 58).

Das Caput breve erhält einen oberen Ast, der tiefer als der vorige

vom Ischiadicus abgeht und tiefer und weiter nach aussen (vgl. Fig. 58) in den Muskel eintritt, und einen unteren Ast, welcher sich beinahe 2″ tiefer in denselben einsenkt als der obere.

Der Ast des **M. semitendinosus** tritt ebenfalls in derselben Höhe ($5^3/_4$″ vom Tuber Ischii) von der Tiefe her in den Muskel ein (vgl. Fig. 58).

Der Ast des **M. semimembranosus** theilt sich häufig in zwei Zweige, von denen der obere $5^3/_4$″ (vgl. Fig. 58), der untere 7″ vom Tuber Ischii entfernt eintritt.

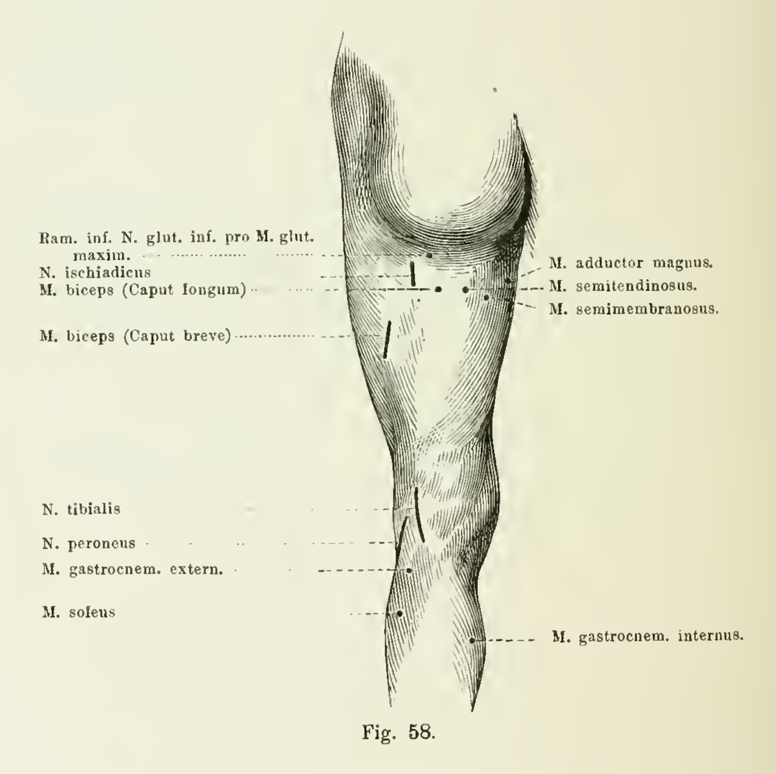


Fig. 58.

Alle diese Punkte sind mit Berücksichtigung der angegebenen Entfernungen, und zwar an den inneren Rändern der Muskeln, d. h. an den der Medianlinie des Oberschenkels (N. Ischiadicus) zugewandten Rändern zu fixiren, gestatten jedoch immerhin nur die intramuskuläre Reizung.

Der **Nerv. peroneus** ist sofort nach seinem Abtritte vom Ischia-

dicus am inneren Rande des M. biceps fem. und seiner Sehne zu erreichen. Viel sicherer aber und präciser geschieht die Reizung am hinteren Umfange des Capitulum fibulae (vgl. Fig. 59), welches dem Drucke der Elektrode einen festen Widerstand bietet. Auch werden hier die oberhalb des Caput. fibulae vom N. peroneus abgehenden Nn. cutanei surales extern. und med. vermieden.

Die Wirkung ist Contraction der Peronei, des Tibialis anticus, des Extensor digitor. comm. long. und brevis, und des Extensor hallucis long., sowie Sensationen in den Nervis cutaneis pedis dorsalibus.

Der **Nerv. peroneus superficialis** ist nicht selten dicht unter der Stelle seiner Trennung vom N. peron. prof. am Capit. fibulae zu reizen. Auf seinem Laufe nach unten giebt er (1″ von seiner Abtrittsstelle entfernt) zwei kurze Aeste für den **M. peroneus longus** ab, welche nach kurzem Verlaufe 2 und $2^1/_2$″ unter dem Capit. fibulae von der Tiefe her in den Muskel eintreten. Mit diesen Aesten in gleicher Höhe entspringt auch der Ast des **M. peroneus brevis,** welcher hinter dem Longus herablaufend, dessen unterer Partie einen Ast giebt, und endlich 6—8″ unterhalb des Capit. fib. in mehrere Zweige getheilt in den Muskel eintritt.

Wegen ihres tiefen Verlaufes sind diese Nerven nur durch ihre Muskeln hindurch an den angegebenen Stellen (vergl. Fig. 59) zu reizen.

Nerv. peroneus profundus ist zuweilen eine kurze Strecke weit zu isoliren, und zwar nach seinem Durchtritte durch den M. peroneus longus.

Der **M. tibialis anticus** erhält von ihm an seinem Fibularrande am oberen Ende einen schwachen, etwas tiefer einen starken Ast; der letztere tritt ziemlich constant circa $3^1/_2$″ vom Capit. fib. entfernt ein (vgl. Fig. 59), und giebt gereizt eine kräftige Contraction des Muskels. Diese kann aber durch Hinzunahme der negativen Elektrode für den schwächeren oberen Ast completirt werden. Die Wirkung, Dorsalflexion des Fusses mit Erhebung seines inneren Randes, tritt vortrefflich und sehr instructiv für die Lehre von den Klumpfüssen zu Tage.

Der Zweig des **M. extensor digitor. commun. long.** tritt fast

in gleicher Höhe mit dem des M. tibialis antic. in seinen Muskel am Fibular-Rande desselben ein (vgl. Fig. 59).

Der Zweig des **M. extensor hallucis longus** tritt in der Tiefe (circa $3^3/_5$'' vom Capit. fibulae entfernt) in den Muskel ein, ist aber an dieser Stelle vom M. extensor digitor. commun. und tibialis antic. bedeckt und deshalb nicht zu erreichen. Man muss sich aus diesem

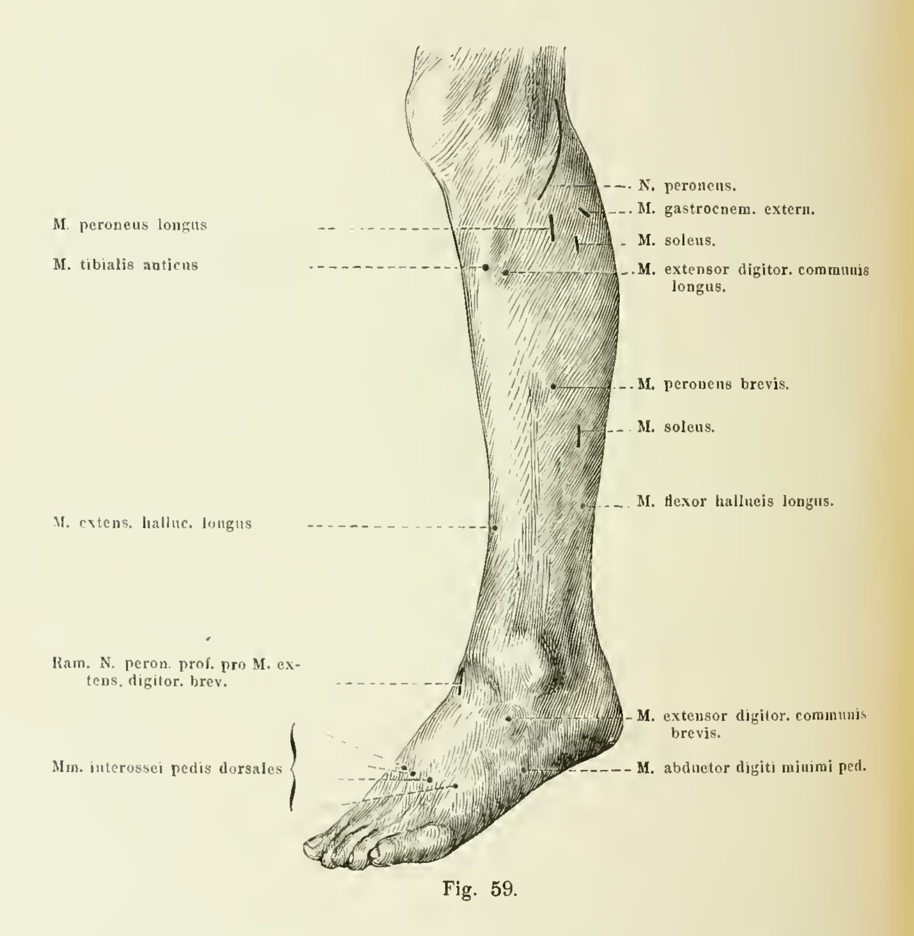


Fig. 59.

Grunde begnügen, den Muskel, nachdem er an die Oberfläche getreten ist (vgl. Fig. 59), durch intramuskuläre Reizung zur Verkürzung zu bringen, welche einen genügenden Effect hat.

M. peroneus tertius ist in manchen Fällen isolirt zur Verkürzung zu bringen, indem man die Elektrode in der Höhe des auf

Fig. 59 angegebenen motorischen Punktes für den M. flexor halluc. long., in einer auf den inneren Rand des inneren Knöchels senkrecht gefällten Linie aufsetzt[1]).

Der äussere Endast des **N. peroneus profundus,** welcher zu dem **M. extensor digitor. commun. brevis** geht, ist nach seinem Durchtritte durch das Ligam. cruciatum zwischen den Sehnen des Extens. halluc. long. und Extens. digitor. commun. zu reizen, liegt aber tief und kann deshalb nur bei mageren Personen und mit starkem Drucke erreicht werden (vgl. Fig. 59). Er setzt kräftige Zusammenziehung der vier kleinen Bündel auf dem Rücken des Fusses, welche ausserdem durch intramuskuläre Reizung einzeln oder zusammen zur Verkürzung gebracht werden können. Der motorische Punkt für die directe Reizung des Muskelbauches ist auf Fig. 59 unterhalb des äusseren Knöchels angegeben.

Die Reizung des Muskels ist ebenso intensiv schmerzhaft wie die des motorischen Nervenzweiges wegen der reichen Verästelungen des N. cutan. ped. dorsalis med., int. u. A. in der Haut des Fussrückens.

Der **M. flexor hallucis longus** ist ebenfalls an der äusseren Fläche des Unterschenkels im Anfang des unteren Drittels ziemlich weit nach hinten zu (vgl. Fig. 59) isolirt zu reizen. Er setzt kräftige Beugung der grossen Zehe und wegen der in der Fusssohle stattfindenden tendinösen Verbindungen seiner Sehne mit den Sehnen des Flexor digitor. communis long. auch der letzten Phalangen der übrigen Zehen.

Die Schmerzhaftigkeit der Faradisirung dieses Muskels beruht auf der Reizung der Ausbreitungen des N. cutan. surae extern. vom Peroneus und des N. suralis vom Tibialis.

Der **Nerv. tibialis** liegt nach dem Abgange des Peroneus in der Kniekehle nur von der Fascia poplitea, der Haut und geringem Fettpolster bedeckt, offen zu Tage (vgl. Fig. 58). Bei der Möglichkeit, ihn gegen seine feste Unterlage zu comprimiren, lässt sich die Erregung des Tibialis mit derselben Präcision ausführen als die des Peroneus. Der Effect ist energische Contraction aller an der hinteren Fläche des Unterschenkels und an der Sohle des Fusses gelegenen

[1]) An der für Fig. 59 benützten Versuchsperson war der Peroneus tertius nicht zu isoliren, daher musste dieser Punkt ausfallen.

Muskeln, sowie schmerzhafte Sensationen im N. suralis und in den sensiblen Zweigen des N. plantaris int. und ext.

Die **Musculi gastrocnemii** erhalten vom N. tibialis zunächst für jeden Kopf einen Nerven, welche hoch oben vom Tibialis abtreten. Um sie auf ihrem Laufe zu den Köpfen der Gemelli zu isoliren, ist Vorsicht nöthig, um den Tibialis selbst oder den N. peroneus oder die verschiedenen rein sensiblen Nerven zu vermeiden. Reizung jedes einzelnen Astes setzt Verkürzung in dem betreffenden Kopfe und der entsprechenden Hälfte des gemeinsamen Bauches. Jede Hälfte aber des gemeinsamen Bauches erhält ausserdem noch einen Zweig vom Tibialis, welcher in der Vertiefung zwischen den Condylen hinter den Köpfen hinweg nach aussen läuft und an dem Uebergange der letzteren in den Bauch beiderseits ganz oberflächlich und leicht erreichbar ist. Der innere Ast ist ein ganz Theil tiefer zu suchen als der äussere (vergl. Fig. 58). Reizung jedes einzelnen setzt energische Verkürzung der entsprechenden Hälfte des Bauches ohne den Kopf. Hierbei wird der Muskel unter der schmerzhaften Empfindung des Wadenkrampfes hart und lässt seine Ränder scharf vorspringen. Der Soleus ist hierbei unbetheiligt.

Der Ast des **M. soleus** entspringt mit den letzteren Zweigen in gleicher Höhe, läuft zwischen Gastrocnemius und Soleus mehrere Zoll abwärts und tritt, verdeckt von der Dicke des Gastrocnemius-Bauches, ziemlich in der Mitte in den Soleus ein, unerreichbar für die Elektrode. Dessenungeachtet erreicht man durch directe Muskelreizung, indem man jederseits am äusseren Rande des Muskels (vergl. Fig. 59 und 60) eine Elektrode aufsetzt, eine kräftige Verkürzung des Soleus. Während dieser in Contraction steht, bleibt der Gastrocnemius schlaff und gewährt das Gefühl einer auf harter Basis liegenden weichen Geschwulst.

Am inneren Rande der Tibia, wo der innere Rand des Soleus mit ihr im spitzen Winkel zusammenstösst, tritt der Ast des Tibialis, welcher für den **M. flexor digitor. commun. long.** bestimmt ist, hervor (vgl. Fig. 60) und gestattet hier eine kräftige Beugung der Zehen zu erzielen.

M. tibialis posticus entgeht der Reizung durch seine Lage ganz. Der **M. flexor hallucis longus** ist, abgesehen von der oben (vergl. pag. 283) bezeichneten Stelle an der äusseren Fläche des Unterschen-

kels auch noch an der inneren Fläche oberhalb des inneren Knöchels zur Verkürzung zu bringen, indem man die Electrode in den stumpfen Winkel einsetzt, welchen der innere Rand des Soleus mit der Achillessehne bildet. Bei dieser intramuskulären Reizung des Flexor halluc. longus ist Vorsicht nöthig, damit nicht der sehr nahe gelegene N. tibialis von der Elektrode mit getroffen werde.

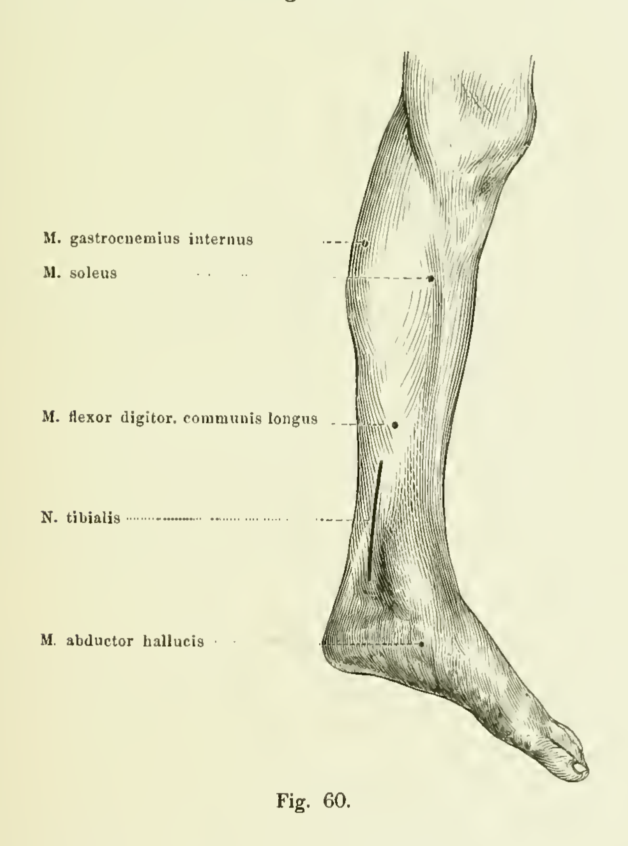


Fig. 60.

Der **N. tibialis** ist nach seinem Austritte hinter dem Bauche des Soleus ziemlich in der Mitte zwischen dem inneren Tibialrande und der Achillessehne zu finden (vgl. Fig. 60), und lässt sich abwärts bis an den hinteren Umfang des inneren Knöchels verfolgen. Die Reizung desselben setzt Verkürzung in allen Sohlenmuskeln und schmerzhafte Sensationen in den Nn. digitales plantares.

Zum Studium der **Fussmuskeln** vermeide man Personen mit sehr dicker Haut und harter Epidermis. Bei diesen erzielt man gar keine

oder doch nur eine sehr geringe Wirkung, wenn man nicht die Füsse vorher einige Zeit in warmes Wasser setzte und einen starken Strom anwendet.

Von den Muskeln des Fusses ist ausser dem oben erwähnten vom N. peroneus versorgten **M. extensor digit. comm. brevis** zunächst der **M. abductor hallucis** isolirt zu reizen. Sein Nervenast wird getroffen am inneren Fussrande in einer Linie, welche man am vorderen Rande des inneren Knöchels senkrecht zur Sohle herabzieht (vgl. Fig. 60). Auch die directe Reizung des Muskels gewährt eine energische Verkürzung. Dieser Muskel verbleibt, wenn er zur Verkürzung gebracht ist, gleich den Wadenmuskeln gerne auch nach dem Oeffnen der Kette noch eine Zeitlang in tetanischer Contraction.

Rückt man mit der Elektrode von dem motorischen Punkte des Abduct. hallucis in senkrechter Linie circa $1\frac{1}{2}''$ in die Sohle hinein, so trifft man den Ast des **Flexor digitor. brevis,** welcher eine sehr kräftige Beugung der Zehen mit Ausnahme des Hallux setzt.

Der **Abductor digiti minimi** wird zu einer mässigen Verkürzung gebracht, wenn man die Elektrode am äusseren Fussrande circa $1\frac{1}{2}''$ vom Metatarsophalangeal-Gelenke der kleinen Zehe ansetzt (vergl. Fig. 59). Man kann übrigens hier ebenso wie beim M. abductor hallucis durch directe Reizung des Muskels längs seines ganzen Verlaufes einen kräftigen Effect erzielen.

Die **Mm. interossei** reizt man nur auf intramuskulärem Wege, und zwar vom Rücken des Fusses aus, indem man die Elektrode $\frac{1}{2}$ bis $1''$ vom Metatarsophalangeal-Gelenke zwischen die Metatarsalknochen eindrückt (vgl. Fig. 59). Der Effect ist freilich nicht so in die Augen springend als bei den Interosseis der Hand, allein man bemerkt auch hier deutlich Abduction der entsprechenden Zehe von der Mittellinie mit gleichzeitiger Beugung der ersten Phalanx und Streckung der zweiten und dritten Phalanx.

Die übrigen Fussmuskeln gestatten bei der Dicke der Bedeckung keine nennenswerthe Einwirkung.

II.

ELEKTRODIAGNOSTIK.



Methoden und Ergebnisse der Elektrodiagnostik des motorischen Nerven und des Muskels.

Methoden.

Die elektrodiagnostische Untersuchung eines Nerven oder Muskels geschieht nach den Principien der polaren Methode für jeden Pol gesondert. Diese Regel ist von besonderer Wichtigkeit für die Prüfung mit dem constanten Strom. Bei diesem bestehen nicht nur physiologische Differenzen in der Wirkung der Pole, sondern es treten unter pathologischen Verhältnissen ganz charakteristische Veränderungen der normalen Reizeffecte an den beiden Polen auf, welche weiter unten bei der Entartungsreaction genauer zur Sprache kommen werden. Die Veränderungen der Polwirkung sind also beim Batteriestrom nicht blos quantitative, sondern auch qualitative.

Für den Inductionsstrom hat die Untersuchung mit jedem Pole gesondert bisher nicht die Bedeutung wie beim constanten Strome erlangt. Wie wir oben bei der Besprechung der physiologischen Wirkungen des Inductionsstromes gesehen haben, übertrifft der Reizeffect der Kathode des Oeffnungsinductionsstromes nicht unerheblich den der Anode desselben Stromes. Weitere Differenzen, insbesondere qualitative, haben die beiden Pole in ihren Wirkungen bisher nicht erkennen lassen.

Man führt die Erregbarkeitsprüfungen am besten immer mit denselben Apparaten und Nebenapparaten und in derselben Reihenfolge aus. Neue Apparate sind vorher auf die Correctheit der inneren Leitungen und der Bezeichnung der Pole etc. zu prüfen — in dieser Beziehung passiren den Fabrikanten zuweilen Irrthümer —; ferner ist

von Zeit zu Zeit die Integrität der Leitungen im Apparate, besonders am Commutator, an dem die aufschleifenden Federn leicht lahm werden, die Brauchbarkeit der Leitungsschnüre, sowie die Beschaffenheit der Schwammbekleidung der Elektrodencontactflächen zu controliren. In letzterer Beziehung möchte ich besonders darauf aufmerksam machen, dass der von den Fabrikanten gewöhnlich gelieferte einfache Parchent- oder Flanellüberzug nicht genügt, sondern dass zwischen diesem Ueberzuge und dem Metalle durchaus eine dicke Lage feinen Badeschwammes oder wasseransaugenden, lockeren Filzes liegen muss, welcher das Wasser in genügender Menge conservirt. Ein weiches, stark durchfeuchtetes Polster vermindert die Widerstände der Epidermis und die Hautreizung ausserordentlich und erleichtert dadurch einerseits die Localisation auf tiefer gelegene Organe und macht andererseits die Elektrisirung dem Patienten nahezu schmerzlos. In der täglichen ärztlichen Praxis und von Seite der Fabrikanten wird auf diesen Umstand viel zu wenig Gewicht gelegt.

Selbstredend muss die Reizelektrode sehr genau auf dem zu prüfenden Nerven localisirt und mit gleichmässigem Drucke während der Prüfung auf demselben localisirt bleiben.

Die Reihenfolge, in welcher die Prüfungen vorgenommen werden, ist am besten die folgende: Man beginne stets mit dem Inductionsstrom. Die Veränderlichkeit der Leitungsfähigkeit der Epidermis ist für den Inductionsstrom nicht von der Bedeutung, wie für den constanten Strom.

In dieser Beziehung ist folgende Beobachtung Stintzing's[1]) von Interesse: Wenn man nach vorgenommener faradischer Erregbarkeitsprüfung den Inductionsstrom mehrere Minuten auf die Applicationsstelle einwirken lässt, so findet man hinterher denselben Reactionswerth wie vorher. Lässt man dagegen nach der faradischen Erregbarkeitsprüfung den galvanischen Strom eine gewisse Zeit einwirken und wiederholt dann die erstere, so ist der Reactionswerth erheblich kleiner. Daraus folgt, dass die dem galvanischen Strome eigene Widerstandsherabsetzung dem inducirten Strome nicht zukommt.

Die Reizelektrode enthalte stets die Kathode des Oeffnungsinductionsstromes, welche man sich (auf Grund der vorher constatirten stärkeren, physiologischen Reizwirkung) ein für alle Male in derselben Weise markirt, wie dies für die Pole der Batterie Seitens

---

[1]) Ueber elektrodiagnost. Grenzwerthe. D. Archiv f. klin. Med. Bd. 39. S. 100.

des Fabrikanten geschieht. Für die Bestimmung der quantitativen faradischen Erregbarkeit wird, während die kleinere Elektrode der Ka des Oeffnungsinductionsstromes auf dem zu prüfenden Nerven oder Muskel, die indifferente auf dem Sternum steht, die Stärke des secundären Inductionsstromes allmälig durch Einschieben der äusseren Rolle gesteigert, bis eine schwächste aber deutlich sichtbare Zuckung beim jedesmaligen Schlusse der Kette eintritt. Der Abstand der secundären Rolle von der primären wird an einem auf den Schienen befestigten Maassstabe mit Millimetereintheilung abgelesen. Sind die Rollen ganz übereinander geschoben, so besteht kein Rollenabstand (RA = 0), es besteht höchste Intensität des secundären Stromes. Je weiter andererseits die äussere Rolle von der inneren weggeschoben wird, um so grösser werden die Zahlen des Rollenabstandes, um so geringer die Intensität des Stromes. Es hängt natürlich von der Länge der Rollen ab, wann sich dieselben an keinem Punkte mehr decken: bei meinem Apparate geschieht dies bei einem RA von **145** mm. Bei einem Apparate mit kürzeren Rollen wird dieser Punkt schon bei einem geringeren Rollenabstande eintreten. Die Bestimmung der Stromstärke nach der Grösse des RA hat also nur dann einen Werth, wenn immer derselbe Apparat benutzt wird, wobei weiter noch vorausgesetzt werden muss, dass die Batterie stets in gleich gutem Zustande erhalten wird.

Für eine Vergleichung der von den verschiedenen Autoren an ihren Apparaten gewonnenen Zahlenwerthe hat hiernach die Angabe des Rollenabstandes nur einen sehr geringen Werth, da unter den zahlreichen, im Gebrauch befindlichen Apparaten wohl nur wenige gefunden werden dürften, bei denen die Grösse der Rollen und die Zahl der Drahtwindungen, sowie Grösse und Construction der Batterie gleich sind.

Aber auch dann, wenn diese Dinge als ganz gleich beschaffen vorausgesetzt sind, stösst die Vergleichung wegen der Verschiedenheit des Leitungswiderstandes der Haut bei den einzelnen Individuen auf Hindernisse. Bei ein und demselben Individuen verringern sich diese Missstände dann, wenn es sich um einseitige Affectionen handelt, wo also die Controlprüfungen der homologen gesunden Nerven oder Muskel eine Vergleichung an demselben Individuum ermöglichen. Hierbei kann allerdings auch wieder eine Verschiedenheit des Leitungswiderstandes an den beiden Körperhälften bestehen.

Diese von allen Sachkennern empfundenen Mängel der Methode

der quantitativen faradischen Erregbarkeitsbestimmung hat Erb[1]) durch folgende Methode zu beseitigen gesucht. Er bestimmt bei Gesunden mittelst feiner Elektrode (Ka des Oeffnungsinductionsstromes) den faradischen Erregbarkeitsgrad nach Minimalcontractionen an 4 Nervenprovinzen, nämlich am

N. frontalis (Ast des N. facialis für M. frontalis und M. corrugator, an der Schläfe),

N. accessorius, ram. ext. für den M. cucullaris, am Halse,

N. ulnaris oberhalb der Ellenbeuge und am

N. peroneus oberhalb des Capitulum fibulae in der Kniekehle beiderseits und notirt die Rollenabstände.

Hierauf wird der Leitungswiderstand (LW) an denselben Hautstellen für einen Batteriestrom von ca. 10—12 Elementen (mittlere Elektrode Erb's mit Ka über dem Nerven, An am Sternum, Anfeuchtung bei jeder Stelle erneuert) am Galvanometer abgelesen und notirt.

Dier erste Zahlenreihe giebt das relative Verhalten der faradischen Erregbarkeit der 4 Nerven beiderseits, die andere Tabelle das relative Verhalten des Leitungswiderstandes an den betreffenden Hautstellen an. Beide Reihen zeigen ein ziemlich constantes Verhalten bei gesunden Personen von ziemlich gleicher Lebensstellung, gleichem Alter etc. Die Rollenabstände differiren nach Erb für beide Körperhälften nicht mehr als 10 mm und an den oberen und unteren Regionen des Körpers selten mehr als 20—25 mm. Insbesondere aber stimmen die Rollenabstände an den Ulnares mit denen an den Peronei fast vollständig überein.

Das Verhalten des LW ist an den Ulnares und Peronei ebenfalls annähernd gleich. Dagegen finden sich an den Accessorii und an den Frontales verhältnissmässig starke Nadelablenkungen, also geringere Leitungswiderstände und mancherlei Abweichungen, so dass man nicht sagen kann, dass da, wo der grösste LW bestehe, auch der kleinste Rollenabstand stattfinde. Trotzdem ist das relative Verhalten des RA und des LW zur Controle der Befunde bei Kranken, d. h. zur Vergleichung mit dem Erregbarkeitsverhalten gesunder Nervenprovinzen ihres Körpers oder zur Vergleichung mit gesunden Personen unter Umständen werthvoll, wenigstens bei Männern. Bei Frauen und Kindern bietet die Beschaffenheit der Haut und be-

[1]) Elektrotherapie. III. Aufl. S. 150 ff.

sonders die Dicke des Fettpolsters wieder ganz besondere Schwierigkeiten dar.

Es ist keine Frage, dass diese Methode Erb's sehr difficil ist und volle Sicherheit in der Localisation des Stromes und in den Messungsmethoden voraussetzt. Allein das kann ihren Werth nicht beeinträchtigen in den Fällen, in denen die quantitativen Bestimmungen von besonderem Werthe für die Elektrodiagnostik sind. Dies ist besonders der Fall bei Rückenmarkserkrankungen, bei denen eine Vergleichung der symmetrischen Nerven und Muskeln der Unterextremitäten nicht thunlich ist. Hier tritt der Werth der Uebereinstimmung des RA und der Leitungsfähigkeit des Peroneus und des Ulnaris sofort klar hervor, und es leuchtet die Nothwendigkeit der gleichzeitigen Bestimmung des LW für den faradischen Strom von selbst ein. Ergeben bei einer Paraplegie die Nn. peronei ihre Minimalzuckung schon bei schwächeren Strömen i. e. grösseren Rollenabständen, als das Normalverhalten erwarten lässt, so wird eine gesteigerte Erregbarkeit in den Nn. peronei wahrscheinlich, wenn auch der LW das normale relative Verhalten zeigt. Zeigt sich der LW höher, also der Galvanometerausschlag geringer als normal zu postuliren, so wird jener Schluss gesicherter, zeigt sich der LW dagegen niedriger, so wird der Wahrscheinlichkeitsschluss unsicher, ja eventuell unhaltbar.

In neuester Zeit hat Stintzing[1]) die Sicherheit unserer elektrodiagnostischen Untersuchungsmethoden dadurch zu erhöhen versucht, dass er für die wichtigen motorischen Punkte die „specifischen Strombreiten", d. h. die in Stromdichte-Werthen ausgedrückten Grenzen, innerhalb welcher ein und derselbe Nerv verschiedener Individuen unter normalen Verhältnissen auf elektrische Reizung reagirt, aufsuchte. Er bediente sich in seiner ganzen Versuchsreihe durchweg einer Elektrode von 3 qcm Berührungsfläche, deren Grösse sich ihm als die zweckmässigste erwies und empfiehlt diese als „Einheitselektrode" zum allgemeinen Gebrauch. Er weist in Ausführung dessen nach, dass die von Erb[2]) in Vorschlag gebrachte „Normalelektrode" von 10 qcm Querschnitt nicht für alle motorischen Punkte sich eignet. Aus einer Anzahl von Versuchen glaubt Stintzing ferner schliessen zu dürfen' dass die Veränderungen des Leitungswiderstandes der Haut bei der

---

[1]) a. a. O.

[2]) Erb, Vorschlag einer „Normalelektrode" für galvanische Erregbarkeitsbestimmungen. Neurol. Centralbl. 1886. No. 1.

faradischen Untersuchung von untergeordneter Bedeutung seien, so dass also den nach Rollenabständen bemessenen Erregungswerthen, soweit sie an einem und demselben Apparate gewonnen werden, in gewissem Sinne der Werth absoluter Maasse zukommt. Zunächst haben demnach die von Stintzing nach der Formel $D = \frac{x \text{ mm RA}}{3 \text{ qcm}}$ gefundenen faradischen Grenzwerthe nur Bedeutung für den an demselben Inductionsapparat untersuchenden Beobachter, insofern aber auch für andere Beobachter, als diese nach derselben Methode sich für ihre jeweiligen Apparate giltige Grenzwerthe bestimmen können. Ordnet man ferner die verschiedenen Nerven nach der Grösse ihrer specifischen faradischen Erregbarkeit in eine Reihe („Erregbarkeitsscala"), so zeigen sie unter einander ein gewisses gesetzmässiges Verhalten, welches für jeden Einzelfall mit geringen Abweichungen als mustergültig betrachtet werden darf. Die Reihenfolge der Nerven bleibt die gleiche, sei es, dass sie nach ihren oberen oder unteren Grenzwerthen oder nach den Mittelwerthen geordnet werden. Die nachstehende Tabelle enthält nur die Mittelwerthe. Aus derselben ist ersichtlich, dass sich gewisse Nerven verschiedener (oberer und unterer) Körpertheile in ihrer faradischen Erregbarkeit sehr nahe stehen, z. B. der Medianus, der Facialis und der Ulnaris am Olecranon, oder: der letztere und der Peroneus, ferner: der Tibialis und der Radialis. Finden sich nun in einem Falle erhebliche Abweichungen von der normalen Scala, oder erhebliche Verschiedenheiten der in ihrer Erregbarkeitshöhe verwandten Nerven, so sind diese pathologisch. Ferner lässt sich die Scala auch in der Richtung verwenden, dass man bei doppelseitigen Erkrankungen, je nachdem sie die oberen oder unteren Körpertheile betreffen, einen dem afficirten Nerven in der Erregbarkeit nahestehenden Nerven normaler Körpertheile als Vergleichobject heranzieht.

Auch die Erregbarkeitsdifferenzen gleicher Nerven beider Körperhälften hat Stintzing aus einer grossen Zahl von Beobachtungen zusammengestellt. Dieselben gehen, wie Erb bereits angegeben, selten über 10 mm RA hinaus, können aber doch bisweilen, z. B. am Radialis bis zu 16 mm betragen.

Faradische Erregbarkeitsscala der Nerven nach Stintzing.

	Mittelwerthe nach der Formel $D = \frac{x \text{ mm RA}}{3 \text{ qcm}}$
1. N. accessorius	137,5
2. N. musculo-cutaneus	135
3. R. mentalis	132,5
4. N. ulnaris (oberhalb des Olecranon)	130
5. R. frontalis	128,5
6. R. zygomaticus	125
7. N. medianus	122,5
8. N. facialis	121
9. N. ulnaris (am Olecranon)	118,5
10. N. peroneus	115
11. N. cruralis	111,5
12. N. tibialis	107,5
13. N. radialis	105

Auch zur Verfolgung von Veränderungen der Erregbarkeit im Verlaufe der Krankheit haben wir keine besseren Methoden als die angeführten, welche allein eine fortlaufende Vergleichung der Erregbarkeit der einzelnen Nervenprovinzen des erkrankten Individuums unter sich gestattet.

Die directe Uebertragung der gefundenen, absoluten Zahlenwerthe auf andere Apparate ist unthunlich, allein das relative Verhältniss muss bei allen Apparaten in gleicher Weise hervortreten.

Um nun das Zuckungsminimum für die einzelnen Reizmomente des constanten Stromes festzustellen, beginnt man mit schwachen Strömen und steigert die Intensität derselben durch Einschleichen mittelst des Rheostaten, bis beim Schluss der Kette die erste deutliche Zuckung erscheint. Selbstverständlich darf das Schliessen oder Oeffnen der Kette nicht durch Abheben und Aufsetzen der Elektrode (selbst nicht der indifferenten am Sternum) geschehen, sondern muss stets im metallischen Theil des Apparates ausgeführt werden.

Ich setze zur Erläuterung des Modus procedendi den Fall, dass es sich um eine normale Reaction handle. Ist die Anfangszuckung bei der Kathodenschliessung (KaSZ) constatirt, so wird bei geschlossener Kette das Galvanometer durch Oeffnen des Dubois'schen Schlüssels eingeschaltet, die Stromstärke abgelesen, einem Assistenten in die

Feder dictirt und dann der Schlüssel wieder geschlossen. Sodann wird die Stromintensität unter zeitweisem Schliessen und Oeffnen der Kette langsam gesteigert, bis KaDZ > erscheint, d. h. bis sich statt der blitzähnlich kommenden und verschwindenden Zuckung eine schwache tonische Contraction von kurzer Dauer zeigt. Nun wird, um das Zuckungsminimum für Anoden-Oeffnung und -Schliessung und zugleich qualitative Abweichungen in der Form der Zuckung (blitzähnliche oder träge Zuckung), in der Reihenfolge etc. zu finden, der Strom, während die Elektroden unverrückt gehalten werden, bei geöffneter Kette am Commutator gewendet. (Bei geschlossener Kette darf die Stromwendung um deswillen nicht ausgeführt werden, weil bei derselben durch die Summirung der physiologischen Reizwerthe der positiven und negativen Dichtigkeitsschwankung der Erregbarkeitszustand des Nerven unmittelbar gesteigert wird.) Ist das Zuckungsminimum für die Anodenöffnungszuckung (AOZ) festgestellt, so wird, wie vorher, das Galvanometer eingeschaltet und die Stromstärke notirt. Ebenso bei der AnSZ und der KaOZ.

Ist der Nerv, etwa bei einer peripherischen Lähmung, nicht anspruchsfähig, so wird die Erregbarkeit der einzelnen Muskeln auf dieselbe Weise mit beiden Polen für Schliessung und Oeffnung geprüft. Zur richtigen Würdigung der erhaltenen Werthe ist es erforderlich, Controlprüfungen an Gesunden oder bei halbseitigen Affectionen an den homologen gesunden Nerven resp. Muskeln vorzunehmen.

Um die Erregbarkeitsverhältnisse auch bei doppelseitigen Affectionen sicher beurtheilen zu können, hat Stintzing in analoger Weise wie für die faradische Untersuchung (s. o.) die Grenzwerthe resp. die specifischen Strombreiten auch für die normale galvanische Erregbarkeit der Nerven bestimmt. Die gefundenen Werthe sind ausgedrückt in einheitlichen Stromdichten nach der Formel $D = \frac{x \text{ MA}}{3 \text{ qcm}}$. Die Bestimmung der Stromstärke geschah ausschliesslich mit dem Edelmann'schen Einheitsgalvanometer. Dass dieses von mir eingeführte, von Stintzing[1]) zuerst zu ausgedehnten Untersuchungen in Anwendung gezogene absolute Galvanometer vorläufig das einzige Messinstrument ist, welches unseren Bedürfnissen und allen wissenschaftlichen Anforderungen entspricht, dafür enthält Stintzing's neueste Arbeit ein erschöpfendes Beweismaterial. Es wäre daher

[1]) Stintzing, Ueber Nervendehnung. Leipzig 1883.

sehr wünschenswerth, dass zu galvanodiagnostischen Untersuchungen, welche zum allgemeinen Vergleich dienen sollen, nur dieses Instrument in Anwendung gezogen würde.

Messungen mit diesem Galvanometer an einem und demselben Nerven bei Anwendung verschiedener Elektrodengrössen zeigten Stintzing, dass die zur Minimalerregung der motorischen Nerven und der Muskel erforderliche Stromdichte mit der Grösse des Elektrodenquerschnittes variirt, so dass z. B. $D = \frac{1}{10}$ in seiner Wirkung nicht gleich gesetzt werden darf $= {}^2/_{20}$, ${}^4/_{40}$ etc. Vielmehr nimmt die erregende Stromdichte mit der Vergrösserung des Elektrodenquerschnittes ab. Daraus folgert Stintzing, dass Untersuchungen mit verschieden grossen Elektroden, selbst bei genauer Angabe ihrer Berührungsfläche und der absoluten Stromstärke, nicht mit einander verglichen werden können und dass daher zu vergleichbaren Erregbarkeitsbestimmungen auch immer eine Elektrode von gleichem Querschnitt verwendet werden muss. Wie bei den Untersuchungen über die normale faradische Erregbarkeit, so wandte Stintzing daher auch hier durchweg die erwähnte „Einheitselektrode“ von 3 qcm Contactfläche an. Da nun die letztere sich für alle motorischen Punkte in gleicher Weise als brauchbar erwiesen hat, sollte man sie allgemein acceptiren, umsomehr als die mit ihr angestellten Versuche uns bei der Beurtheilung elektrodiagnostischer Befunde den besten Massstab gewähren, welchen wir einstweilen besitzen. Ich führe deshalb im Nachstehenden die von Stintzing mitgetheilten galvanodiagnostischen Grenzwerthe an und füge auch die Maximaldifferenzen hinzu, welche er bei seinen die beiden Körperhälften vergleichenden Versuchen fand. Die Reihenfolge entspricht der aus den Mittelwerthen sich ergebenden „galvanischen Erregbarkeitsscala“. Interessant ist der Vergleich der letzteren mit der entsprechenden faradischen Scala (s. o), welcher zeigt, dass die faradischen und galvanischen Erregbarkeitsgrössen der Nerven eine verschiedene Reihenfolge einhalten.

Specifische galvanische Grenzwerthe und Maximaldifferenzen beider Körperhälften nach Stintzing.

	Grenzwerthe nach der Formel $D = \frac{x\ MA}{3\ qcm}$	Maximal-Differenz.
1. N. musculo-cutaneus	0,04–0,28	0,19
2. N. accessorius	0,10–0,44	0,15
3. N. ulnaris (oberhalb des Olecranon)	0,2 –0,9	0,6
4. N. medianus	0,3 –1,5	0,6
5. R. mentalis	0,5 –1,4	—
6. N. cruralis	0,4 –1,7	0,6
7. N. peroneus	0,2 –2,0	0,5
8. R. zygomaticus	0,8 –2,0	—
9. R. frontalis	0,9 –2,0	0,7
10. N. tibialis	0,4 –2,5	1,1
11. N. ulnaris (am Olecranon)	0,6 –2,6	0,7
12. N. facialis	1,0 –2,5	1,3
13. N. radialis	0,9 –2,7	1,1

Ich will zum Schlusse noch einige praktische Winke hinzufügen, welche für den Anfänger von einigem Werthe sein dürften.

Man vermeide bei der quantitativen und qualitativen Erregbarkeitsprüfung zu lange dauerndes Operiren an einem und demselben Nerven oder Muskel. Lange dauernde Prüfungen setzen einerseits die Leitungswiderstände in der Haut durch zunehmende Durchfeuchtung und Lockerung der Epidermis, selbst durch Excoriationen derselben, dann durch zunehmende Hyperämie der Cutis und leichte Transsudation in den Papillarkörper mehr und mehr herab, auf der anderen Seite wird aber auch die Erregbarkeit des vom Strome längere Zeit durchflossenen Nerven oder Muskels durch den Strom selbst alterirt. So kommt es, dass bei länger dauernder Prüfung an derselben Stelle die später notirten Schwellenwerthe mit den anfänglich gewonnenen nicht übereinstimmen, ja oft erheblich von denselben differiren. Es ist deshalb Anfängern, welche wegen Mangels der nöthigen Uebnng längere Zeit als nöthig zu dergleichen Untersuchungen brauchen und doch nicht zu einem constanten Resultate gelangen, zu empfehlen, die Untersuchung abzubrechen und erst am nächstfolgenden Tage wieder aufzunehmen.

Die Untersuchung geschehe im Allgemeinen immer in derselben

Lage des Körpers und der Glieder. Wenn der Kranke ausgestreckt liegt, lässt sich eine exacte Localisation des Stromes am sichersten ausführen.

Nicht unerheblich wird die Aufgabe für den Anfänger, in schwierigen Fällen auch für den Geübten erleichtert, wenn er sich die durch eine präliminare faradische Untersuchung festgestellten, für die Prüfung wegen ihrer Lage zur Oberfläche, Unverschieblichkeit etc. besonders geeigneten Punkte mit dauerhafter Farbe, z. B. Copirstift, bezeichnet, um später des wiederholten Suchens der Reizpunkte überhoben zu sein. Die wichtigsten anatomischen Verhältnisse, welche hier in Betracht kommen, sind im ersten Theile genauer besprochen. Ohne eine genaue Kenntniss dieser Dinge ist eine Untersuchung, die ohnedies technische Schwierigkeiten genug bietet, unmöglich.

Schliesslich noch ein Wort über die Art und Weise der Protocollirung der elektrodiagnostischen Befunde. Es erhellt von selbst, dass die am Galvanometer abgelesenen Werthe nicht vom Explorator selbst, sondern von einem Dritten in das Befundprotocoll aufgenommen werden müssen. Das Dictat ist von dem Schreibenden zur Controle nach dem Niederschreiben laut zu recapituliren, da hier erfahrungsgemäss ungemein leicht Schreibfehler vorkommen.

Für die Protocolle werden am besten gedruckte Formulare benutzt, in denen alle wichtigeren Phasen in ein und derselben Reihenfolge vorgeschrieben und auch in dieser Weise bequem auszufüllen sind. Ich benutze in meiner Klinik elektrodiagnostische Protocollformulare auf Folioblättern, welche nach Ablauf der Beobachtung der Krankheitsgeschichte angeheftet werden. Die elektrischen Beobachtungen laufen also für sich und unabhängig von dem Tenor des Diariums mit eigenem Datum. Das ist praktischer, als wenn man die Befunde direct in die Diarien der Krankheitsgeschichten einträgt, weil dieselben in den Formularen eine bessere Uebersicht über die im Laufe der Beobachtung zu Stande gekommenen Veränderungen gestatten, als wenn die Befunde in den Krankheitsgeschichten zerstreut sind.

Hier ein Stück des Formulars in verkleinertem Maassstabe:

Bog.-No. 128.

Name: *Müller, Wilhelm.* **Diagnose:** Paralysis N. facialis sin.

Datum	Rechts.		N. facialis ○ = 3.		Links.
		. . mm RA.	Far. E.	. mm RA.	
		. . . . MA.	KSZ	. . MA.	
		. . . . . „	ASZ	. . . „	
		. . . . . „	AOZ	. . . „	
		. . . „	KDZ >	. . . . „	
			KOZ		
			Musc. zygomat. major ○ = 3.		
		. mm RA	Far. E.	. . mm RA.	
		. . MA.	KSZ	. . . . . MA.	
		. . . . „	ASZ	. . . . „	
		. . . . . „	AOZ	. . „	
		. . „	KDZ >	. . . . „	
			KOZ		

In die beiderseitigen schmalen Rubriken gehören die Schwellenwerthe der Erregbarkeit, für den faradischen Strom in mm Rollenabstand (RA), für den constanten Strom in Milliampères (MA). Für seltenere Reactionen ist unten Raum gelassen. Jede Folioseite enthält 6 solcher Felder.

In die beiderseitigen breiten Rubrikeu rechts und links gehören die Angaben über die Form der Zuckung, ob träge oder blitzähnlich, über den Leitungswiderstand der Haut bei vergleichenden Erregbarkeitsprüfungen, über den Grad der mechanischen Erregbarkeit u. A.

Nothwendig ist es auch, in das Protocoll eine Notiz über die Grösse und Form der Elektrode aufzunehmen, etwa in der Weise, wie es mein Assistent Dr. Stintzing[1]) zu thun pflegt: ○ = 3, d. h. kreisrunde Elektrode von 3 qcm oder □ = 12, d. h. rechteckige Elektrode von 12 qcm, welche Bemerkung am besten, wie oben im Formular geschehen, neben das untersuchte Organ gesetzt wird.

Wo es thunlich ist, empfiehlt sich auch die graphische Auftragung der Befunde auf Gitterformularen in Form von Diagrammen, wie ich dieselbe für die Illustration der Vorgänge bei der Entartungsreaction zuerst in Anwendung gebracht habe[2]).

Die Prüfung der mechanischen Erregbarkeit von Nerv und Muskel, welche mittelst eines gewöhnlichen Percussionshammers und mit möglichst gleicher Intensität des Schlages ausgeführt wird und von besonderem Interesse und vielleicht von grösserer praktischer

---

[1]) Stintzing, Aerztl. Intell.-Blatt. 1885. No. 41 und 42.

[2]) v. Ziemssen, D. Archiv f. klin. Med. Bd. IV. p. 587.

Bedeutung ist, als man bisher vermuthet, wird am besten sogleich an die elektrische Prüfung der motorischen Sphäre angeschlossen.

Die elektrodiagnostische Untersuchung der glatten Muskulatur (Magen, Darm, Blase, Uterus, Gefässe)

hat bisher praktisch noch keine Bedeutung erlangt. Es liegen bisher nur vereinzelte Beobachtungen vor.

Hitzig[1]) beobachtete bei einer Radialislähmung im Gebiete der anästhetischen Zone eine eigenthümliche Reaction der Gefässmuskulatur resp. der Vasomotoren: bei labiler Anwendung starker galvanischer Ströme stärkste und dauernde Verengerung der Gefässe, während in der Umgebung der anästhetischen Zone sich die Haut tief röthete; dagegen konnte durch stabile Anwendung galvanischer und starker Inductionsströme die Gefässdilatation auch in der anästhetischen Partie erzwungen werden. Eine bestimmte Deutung dieser eigenthümlichen Erscheinung ist zur Zeit nicht möglich.

Pathologische Befunde und deren diagnostische Bedeutung.

Dieser Abschnitt weist die bedeutendsten Fortschritte auf und lässt ahnen, was von der Elektrodiagnostik des Nervensystems noch zu erwarten ist, wenn der Weg naturwissenschaftlicher Fragestellung und exacter, experimenteller Methode weiter festgehalten wird. Bisher ist eigentlich nur die Entartungsreaction studirt, aber hier hat sich denn auch eine solche Fülle von Thatsachen und wichtigen, für die Diagnose und Prognose heute schon absolut unentbehrlichen Anhaltspunkten ergeben, dass wir nach dem Beispiel dieses einzelnen Capitels schon jetzt berechtigt sind, die Prüfung mit dem elektrischen Strom als eine der bestbegründeten physikalischen Untersuchungsmethoden zu bezeichnen. Dass diese Methode noch lange nicht allseitig genug ausgebildet und in ihren Details noch nicht genügend studirt ist, kann dem günstigen Gesammturtheile über ihre Bedeutung keinen Abbruch thun. Die physikalischen Untersuchungsmethoden der Lunge, des Kehlkopfes, der Augen u. s. w. haben sich auch erst allmälig zu der Bedeutung und Resultatssicherheit emporgeschwungen, welche sie heutzutage besitzen; aber auch bei ihnen ist über den Werth der Methode von Anfang an Niemand im Zweifel gewesen.

---

[1]) Hitzig, Ueber die Reaction gelähmter Gefässmuskeln. Berl. klin. Wochenschrift. 1874. No. 30.

Die Veränderungen der Erregbarkeit der motorischen Nerven und Muskeln bestehen theils in einfacher Steigerung der Erregbarkeit oder in Herabsetzung derselben in allen Graden bis zum gänzlichen Erlöschen (quantitative Erregbarkeitsstörungen), theils in Veränderungen der normalen Zuckungsformel (qualitative Erregbarkeitsstörungen), theils in gleichzeitigen Veränderungen der Grösse und des Modus der Reaction (gemischte Erregbarkeitsstörungen). Diese letzteren sind die häufigsten und bestgekannten und zugleich auch die praktisch, d. h. diagnostisch und prognostisch bedeutsamsten.

Motorische Nerven und Muskeln sind in diesem Capitel zusammengefasst, weil die Veränderungen an beiden gewöhnlich in einer bestimmten Weise Hand in Hand gehen; dabei ist aber für den Untersuchungsmodus strenge im Auge zu behalten, dass Nerv und Muskel jeder für sich und jeder mit beiden Stromesarten nach jeder Richtung geprüft werden muss.

Erhöhung der elektrischen Erregbarkeit.

Zuverlässige Beobachtungen, welche das Vorkommen und den Grad einer elektrischen Erregbarkeitssteigerung sicher stellen, stammen erst aus der neuesten Zeit, seitdem empfindliche Galvanometer und exacte Methoden in Anwendung kommen. Die Erregbarkeitssteigerung giebt sich zu erkennen:

a) für den faradischen Strom durch den frühen Eintritt von Zuckungen bei relativ geringer Stromstärke und zwar sowohl vom Nerven aus als auch bei directer Muskelreizung. Die Rollenabstände sind hier im Vergleiche zu dem Normalschema der faradischen Erregbarkeit ausserordentlich gross, mit anderen Worten, die Muskelcontractionen treten schon bei sehr geringer Stromstärke ein. Instructive Beispiele hierfür hat Erb in Form von Erregbarkeitstabellen für Tetanie und Tabes mitgetheilt [1]). Bei beiderseitiger Erregbarkeitssteigerung ist der Unterschied selbstverständlich nicht so in die Augen fallend, als bei einseitiger, aber immerhin nicht weniger gesichert.

b) Für den galvanischen Strom giebt sich die Steigerung der Erregbarkeit zu erkennen durch den Eintritt der einzelnen Reizphänomene bei relativ geringer Stromstärke, aber in der Reihenfolge

[1]) Elektrotherapie. S. 168.

und dem gegenseitigen Verhalten, wie es die normale Zuckungsformel verlangt.

Qualitative Veränderungen des Zuckungsmodus sind bei der einfachen Erregbarkeitssteigerung des Nerven bisher nicht nachgewiesen, aber deshalb nicht ausgeschlossen. Das Verhalten der Haut- und Muskelsensibilität kann dabei sehr verschieden sein: entweder ist die Sensibilität ebenfalls gesteigert oder unverändert oder endlich herabgesetzt.

Das Auftreten der elektrischen Hyperexcitabilität ist sicher constatirt bei nachstehenden Erkrankungen:

Centrale: Frische Hemiplegien mit motorischen Reizerscheinungen, Krämpfe, Contracturen [Brenner, l. c., Benedikt[1])]. Myelitis acuta und subacuta im Beginn [Stintzing[2])].

Hemichorea [M. Rosenthal[3]), Gowers[4]), ich selbst].

Tetanie [Erb[5]), Chvostek[6]), Onimus[7]), Eisenlohr[8]), E. Remak (Eulenburg's Real-Encyklopädie, Art. Elektrodiagnostik), N. Weiss[9]), Fr. Schulze[10])]. Tabes: Initialstadium (Erb), bei Tabes in späterem Stadium [Stintzing[11])].

Progressive Muskelatrophie im ersten Stadium [Friedreich[12]), Benedikt, l. c., M. Rosenthal, l. c., Stintzing[13]), (sehr erhebliche Steigerung in nicht atrophischen und vollkommen functionsfähigen motorischen Gebieten (z. B. im N. musculo-cutaneus 0,02 Ma!)]

Bei peripherer Lähmung hat Leegaard[14]) dieses Phänomen am Thiere experimentell hervorgerufen. Am Menschen ist es bei rheumatischer und traumatischer Lähmung gewöhnlich nur in

---

[1]) Nervenkrankheiten und Elektrotherapie. II. Aufl. Wien 1874.
[2]) l. c. p. 126—127.
[3]) Klinik der Nervenkrankheiten. II Aufl. 1875.
[4]) British med. Journal. 1878.
[5]) Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten. IV. 1874. S. 294.
[6]) Wiener med. Presse. 1876.
[7]) Gaz. des hôp. 1876. No. 31.
[8]) Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten. VIII. 1878. S. 318.
[9]) Volkmann's Klin. Vorträge. No. 189. 1881.
[10]) Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten. XII. S. 244. 1881
[11]) D. Archiv f. klin. Med. Bd. 39. S. 127.
[12]) Ueber progressive Muskelatrophie. 1873. S. 251.
[13]) l. c. p. 128.
[14]) D. Archiv f. klin. Med. XXVI. 1880. S. 459.

den ersten Tagen [Erb, Berger[1]), Brenner, l. c., Bernhardt[2])] und ebenso bei frischer Neuritis [Erb, F. Fischer[3])] beobachtet.

Eine Erregbarkeitssteigerung repräsentirt ferner die Brenner'sche Steigerung der secundären (d. h. durch den Strom selbst erzeugten) Erregbarkeit des Nerven. Die „convulsible Reactionsform" von Benedict ist von E. Remak[4]) einer Prüfung mit exacter Methode unterzogen, aber ohne positiven Erfolg. Das Haupthinderniss, den Erregbarkeitszuwachs nachzuweisen, ist bisher, wie ich schon oben bemerkt habe, die rasche Abnahme des Leitungswiderstandes der Oberhaut. Mit Hilfe des empfindlichen Spiegelgalvanometers dürfte jetzt diese Frage entschieden werden können. A priori bezweifle ich die Richtigkeit der Brenner'schen und Benedikt'schen Beobachtungen nicht, da ich selbst convulsible Reaction in 2 Fällen von Hirntumoren analog der Petrina'schen Beobachtung nach längerer Einwirkung des galvanischen Stromes neben primär gesteigerter galvanischer Erregbarkeit und gesteigerten Sehnenreflexen eintreten sah, welche Anfangs entschieden nicht vorhanden waren. Indessen bedarf diese Frage noch weiterer Prüfung.

Die Steigerung der elektrischen Erregbarkeit des Nerven gilt für beide Stromesarten, zuweilen aber nur für den galvanischen Strom (Stintzing, l. c., p. 129).

Am Muskel allein beobachtet man eine Steigerung der galvanischen Erregbarkeit bei sinkender oder erloschener Erregbarkeit für den faradischen Strom und gleichzeitiger Unerregbarkeit des Nerven für beide Stromesarten bei der Entartungsreaction, von der weiter unten die Rede sein wird.

Herabsetzung der elektrischen Erregbarkeit.

Einfache Herabsetzung der Reaction des Nerven und Muskels auf den elektrischen Reiz findet sich ausserordentlich häufig und bei

---

[1]) Deutsche med. Wochenschr. 1876. No. 49.

[2]) Virchow's Archiv. 1878. S. 267; 1879.

[3]) Berl. klin. Wochenschr. 1875. No. 33. S. 441.
Vergl. auch Erb, Krankh. d. peripher. cerebrospinalen Nerven. II. Aufl. Mein Handbuch. Bd. XII. S. 552.

[4]) D. Archiv f. klin. Medicin. Bd. XVIII. 1876. S. 264.

den verschiedensten Erkrankungen des motorischen Apparates. Man kann sich am besten davon in solchen Fällen überzeugen, wo eine progressive Abnahme der Erregbarkeit vorliegt und die Untersuchung von Tag zu Tag oder von Woche zu Woche höhere Stromintensitäten zur Erzielung der specifischen Reizeffecte erfordert. So habe ich das allmälige Abwärtsschreiten der Erregbarkeit bis zum Erlöschen mehrmals bei acuten completen Rückenmarkslähmungen, z. B. durch Wirbelfractur, an den gelähmten Unterextremitäten beobachten können.

Insbesondere geben auch einseitige Lähmungen, z. B. des N. facialis, des N. radialis etc., sehr instructive Bilder für diese Reactionsform, selbst wenn sie nur schwach entwickelt ist.

Die Ermittlung beiderseitiger oder gar allgemeiner Herabsetzung der Erregbarkeit ist für den Inductionsstrom durch Stintzing's neueste Untersuchungen zu erheblich grösserer Sicherheit geführt worden.

Bei der Prüfung mit dem faradischen Strom ergiebt sich die Nothwendigkeit, um den bekannten Reizeffect zu erzielen, mit höheren Stromstärken zu operiren, als im Allgemeinen und (nach Erb's Methode) in dem speciellen Falle geboten wäre. In progressiven Fällen giebt die Tabelle der in bestimmten Zeiträumen gemessenen Rollenabstände eine klare Uebersicht über den Ablauf der Veränderungen.

An einem und demselben Nerven kann die Erregbarkeit an verschiedenen Stellen verschieden stark herabgesetzt sein. Diese interessante Thatsache, auf welche Erb die Aufmerksamkeit gelenkt hat, gestattet noch keine sichere Schlussfolgerung, ob die Zahl der leitenden Nervenfasern oder nur ihre Anspruchsfähigkeit im Verlaufe des untersuchten Nerven gelitten hat, allein sie verspricht weitere Aufschlüsse und beansprucht deshalb die Aufmerksamkeit der Untersucher. Da mir keine Beobachtung der Art zu Gebote steht, führe ich einen Befund an, welchen Erb bei progressiver Muskelatrophie constatirte (Elektrotherapie, S. 181).

	am Ellenbogen	am Handgelenk
N. medianus	168 mm	113 mm
N. ulnaris	165 „	123 „

Die Differenz der Rollenabstände für das Contractionsminimum, welches für die bezeichneten Localitäten höchstens 10—20 mm RA beträgt, ist also hier auf 55 resp. 42 mm RA gestiegen.

In einem weiteren von Erb mitgetheilten Falle zeigte sich die faradische Erregbarkeit an den genannten Armnerven am Handgelenk

gänzlich erloschen, während sie am Ellenbogen noch 155 resp. 170 mm RA betrug.

Bei der Prüfung mit dem galvanischen Strome ergiebt sich in analoger Weise, wie bei dem faradischen, die Nothwendigkeit, hohe Stromstärken anzuwenden, um die obligaten Reizeffecte zu erzielen, bis endlich bei zunehmendem Sinken der Erregbarkeit zuerst die Dauerzuckung und die Oeffnungszuckungen ganz verschwinden und KaSZ allein noch bei Anwendung der höchsten Stromintensität, ja zuletzt nur noch bei der Stromwendung nach der Ka zu erzielen ist, bis endlich auch diese verschwindet. Das erste Kennzeichen der abnehmenden galvanischen Erregbarkeit ist gewöhnlich das Sinken der AOZ (Stintzing[1])).

Dieses Schema des einfachen Absterbens des Nerven mit qualitativer Aenderung der Zuckungsformel kann man am Menschen in der relativ kürzesten Zeit nach dem Eintritt des Todes verfolgen. Ich habe nach dem Vorgange M. Rosenthal's und Onimus'[2]), welche bekanntlich die elektrische Exploration zum Zwecke sicherer Feststellung des Todes (Electrobioscopie) empfohlen haben, diesen Gegenstand an einer grossen Zahl frischer Leichen verfolgt und habe Onimus' und Rosenthal's Angaben im Allgemeinen bestätigen können.

Am Lebenden kann man den Vorgang des Absterbens der Nerven am reinsten an Fällen von totaler Zusammenhangstrennung des Rückenmarks, z. B. bei Wirbelbrüchen oder durch circumscripte acute Erweichung beobachten. Ich habe mehrere instructive Fälle der Art beobachtet. Die Erregbarkeit sinkt von der ersten Woche ab, Anfangs langsam, dann rascher, bis etwa in der 11.—12. Woche die Reaction für die höchsten Intensitäten beider Ströme erloschen ist. Qualitative Veränderungen der galvanischen Zuckungsformel finden hierbei nicht statt. Ein eclatantes Beispiel hierfür findet sich unter Stintzing's Beobachtungen[3]), welches hier reproducirt werden möge.

---

[1]) Stintzing, Ueber Nervendehnung. 1883. S. 114.

[2]) M. Rosenthal, Wiener med. Presse. 1872. No. 18 und 19; Wiener med. Jahrb. 1872. S. 389. Elektrotherapie. II. Aufl. 1875. S. 356. — Onimus, Journal de l'anatomie et physiologie. 1873. S. 4. 1880. No. 6.

[3]) Stintzing, Grenzwerthe. D. Archiv f. klin. Med. Bd. 39. S. 133.

J. S., 30 Jahre, Zollbeamter. Myelitis dorsalis subacuta. Um die rasche Abnahme zu illustriren, finden hier die Schwellenwerthe von zwei innerhalb 3 Wochen aufeinander folgenden Untersuchungen, vom 10. August (I) und vom 28. August (II) Platz.

N. cruralis

Rechts I.	Rechts II.	(Elektrode 20.)	Links I.	Links II.
115	90*	Far. E.	105	97*
0,47	6,0!	KSZ	2,8	7,0!
2,5	8,0	ASZ	4,5	8,0
7,0	> 15,0	AOZ	10,0	> 15,0

* Zuckung beschränkt auf Sartorius, im Quadriceps auch bei den allerstärksten secundären und primären Strömen keine Reaction.

Rechts I.	Rechts II.	M. rectus cruris.	Links I.	Links II.	
> 0	> 0	Far. E.	> 0	> 0	(123—95)
15,0	16,0	KSZ	21,0	> 22	(1,6—6,0)
28,0	> 30,0	ASZ	28,0	> 22	

Rechts I.	Rechts II.	M. vastus internus.	Links I.	Links II.
70	> 0	Far. E.	> 0	> 0
9,0	28,0	KSZ	20,0	20,0
18,0	30,0	ASZ	20,0	20,0
> 35,0		AOZ	> 35,0	

N. peroneus Rechts		Links	
100!	Far. E.	105	(127—103)
4,5!	KSZ	2,5!	(0,2—2,0)

M. tibialis ant. Rechts		Links
> 0	Far. E.	> 0
20,0	KSZ	15,0

Zuckungen durchweg klein, aber nicht träge.

Auch die übrigen spinalen Affectionen lassen sehr vielfältig subnormale Erregbarkeitsverhältnisse erkennen, so Tabes im vorgeschrittenen Stadium [Erb, ich selbst, Stintzing[1])], spastische Spinallähmung [Erb[2])], acute und chronische Myelitis (v. d. Velden, ich selbst), multiple Sklerose, Spinallähmungen der Paralytiker (Fr. Fischer), Halbseitenläsion auf der gelähmten Seite [W. Müller[3]), Joffroy und Solmon[4])], progressive Bulbärlähmung [Wachsmuth[5]),

---

[1]) Ebendas.

[2]) Virchow's Archiv. Bd. 70. 1877.

[3]) Zur Pathologie, Anatomie und Physiologie des Rückenmarks. 1871.

[4]) Gaz. méd. de Paris. 1872. No. 6—8.

[5]) Ueber progressive Bulbärparalyse etc. Dorpat 1864.

E. Remak[1]), ich selbst, Stintzing], progressive Muskelatrophie [Erb[2]), E. Remak, ich selbst, Stintzing], Pseudohypertrophie der Muskeln [A. Eulenburg[3]), ich selbst, Heller[4]), Stintzing], wahre Muskelhypertrophie [Auerbach[5]), Berger[6]), Benedikt[7])] Poliomyelitis ant. acuta et chron. (Stintzing l. c., 3 Fälle). Multiple Neuritis, bei welcher die höchsten Grade der Herabsetzung, selbst in nicht gelähmten Gebieten vorkommen [E. Remak[8]), R. v. Hösslin[9]), Stintzing[10])], endlich schwere periphere Lähmungen in späteren Stadien, wahrscheinlich nach überstandener EaR [Stintzing[11])].

Ferner zeigen einfache Herabsetzung der faradischen und galvanischen Erregbarkeit ohne Entartungsreaction verschiedene einfache Muskelatrophien, besonders die durch chronische Gelenkaffectionen [Rumpf[12])], langwierige Verbände und andere Ursachen länger währender Muskelfunctionshemmung bedingten Atrophien (Inactivitätsatrophien), sowie manche Fälle von leichten peripherischen Leitungslähmungen. Letztere, eigentlich der Entartungsreaction zukommenden Fälle kommen nicht so selten vor. Ich kann den von Brenner und Bernhardt[13]) mitgetheilten Fällen mehrere eigene Beobachtungen hinzufügen.

Endlich gehören von den toxischen Lähmungen in die Kategorie der einfachen Erregbarkeitsabnahme die neuerdings hierauf untersuchten Arseniklähmungen (Seeligmüller, Da Costa), da bei ihnen ebenfalls Hypexcitabilität ohne Entartungsreaction gefunden wird.

Diese Befunde bei der Arseniklähmung sind in diagnostischer Beziehung um so bedeutsamer, als die gewöhnlichste Form der toxischen Lähmung, die saturnine, ganz in das Gebiet der Entartungsreaction gehört.

Von den vorgenannten spinalen Erkrankungen lassen allerdings

---

1) Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten. Bd. IX. 1879.
2) Volkmann, Klin. Vorträge. No. 46. 1872.
3) Mein Handbuch der spec. Pathologie. Bd. XII. 2. S. 153 ff.
4) D. Archiv f. klin. Med. Bd. I. S. 616; Bd. II. S. 603.
5) Virchow's Archiv. Bd. 53. S. 234.
6) D. Archiv f. klin. Med. Bd. IX. 1872. S. 363.
7) Wiener med. Presse. 1872. No. 9.
8) Neurolog. Centralbl. 1885. No. 14.
9) Münchener med. Wochenschr. 1886. No. 3.
10) l. c. S. 135—136.
11) Ibid. 2 Fälle, S. 136—137.
12) Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. 1878. Bd. VIII. S. 579.
13) Ebendas. 1877. Bd VII. S. 596.

einige auch hie und da Entartungsreaction erkennen, z. B. die progressive Muskelatrophie, die Bulbärkernlähmung. Die anatomische Begründung dieses Phänomens, insbesondere dessen Beziehung zu Degenerationen der Ganglienzellen der grauen Vordersäulen des Rückenmarks und der bulbären Kernregionen ist noch aufzuklären.

Bei den rein cerebralen Lähmungen wird eine Abnahme der Erregbarkeit am Nerven und Muskel nur in ganz veralteten Fällen beobachtet, während sich im Allgemeinen eine normale Erregbarkeit viele Jahre erhält. Bei der Beurtheilung solcher Befunde von veralteten Hemiplegien nach Apoplexien etc. ist allerdings immer Vorsicht nöthig, weil hierbei eine Reihe von mechanischen Hindernissen, welche hemmend auf den glatten Ablauf der Reaction wirken (secundäre Gelenkdeformitäten, Muskelcontracturen etc.) zu berücksichtigen sind.

Resumé.

Einfache Herabsetzung der Erregbarkeit von Nerv und Muskel für beide Stromesarten ohne qualitative Anomalie findet sich:

1) Bei Cerebrallähmungen nur ausnahmsweise und zwar nur in veralteten Fällen.

2) Von den spinalen Erkrankungen bei Rückenmarkszerreissung, acuter und chronischer Myelitis, multipler Sklerose, spastischer Spinallähmung, progressiver Paralyse, Halbseitenläsion (meist), Bulbärkernlähmung, progressiver Muskelatrophie (meist), Poliomyelitis acut. et chron., wahrer und falscher Muskelhypertrophie.

3) Von den peripherischen Leitungslähmungen bei manchen leichteren Formen, im Ablauf schwerer peripherischer Lähmungen und bei multipler Neuritis.

4) Von den Muskellähmungen bei der Inactivitätsatrophie, bei der arsenikalen Lähmung.

Die Entartungsreaction.

Dieses Capitel kann als das theoretisch und praktisch wichtigste und zugleich als das bestgekannte der ganzen Elektrodiagnostik bezeichnet werden. Der an sich merkwürdige und imponirende Symptomencomplex musste von vornherein Interesse erwecken und hat dementsprechend auch zahlreiche Untersuchungen experimenteller und klinischer Natur angeregt. Ein eingehendes Studium der einschlägigen

Phänomene hat den Beweis geliefert, dass man es hier mit relativ durchsichtigen Vorgängen von weittragender Bedeutung zu thun habe, Vorgängen, bei deren Ablauf wir die anatomischen Veränderungen, die Störungen der physiologischen Functionen und charakteristische Symptomencomplexe in seltener Klarheit und Gesetzmässigkeit sich vor uns abwickeln sehen.

Die auffälligsten Erscheinungen der Entartungsreaction sind nach einer Mittheilung von Onimus[1]) bereits Ende des vorigen Jahrhunderts von Hallé, Professor an der medicinischen Facultät zu Paris, an einem Falle von rheumatischer Facialislähmung beobachtet worden.

Es trat hier eine überraschende Differenz in der Wirkung der statischen und der galvanischen Elektricität zu Tage. Hallé beschreibt die Sache in dem Journal de la Societé philomatique, messidor an IX folgendermassen: Le citoyen Tontin . . dont tous les muscles de la face du côté gauche étaient paralysés par l'action du froid avait été électrisé plusieurs fois: il n'éprouvait aucune sensation ni contraction, lorsque la partie affectée recevait l'étincelle: a peine même apercevait-on un faible contraction dans le muscle jugo-labial (grand zygomatique), lorsqu'on appliquait l'électricité par commotion (dont on fixait l'intensité au moyen de l'électromètre de Lane, adapté à la bouteille de Leyde). On soumit cet homme à l'action galvanique d'une pile de cinquante étages (argent et zinc) en faisant communiquer avec différents points de la joue malade les deux extrémites de la pile. Au moment du contact tous les muscles de la face entrèrent en contraction.

Hiernach erscheint in der That das Phänomen, welches Baierlacher später bei Anwendung des Inductionsstromes von Neuem entdeckte, bei Verwendung der statischen Elektricität von Hallé beobachtet zu sein. So unvollkommen übrigens Hallé's Methode nach dem Citat auch erscheint, so erkennt man doch bereits die Anfänge der Localisationsmethode, welche Duchenne später ausbildete.

Duchenne und R. Remak haben dann in den vierziger und fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts einzelne der hierher gehörigen Phänomene beobachtet und für die Diagnose und Prognose verwendet.

R. Remak constatirte nur ganz allgemein das Vorkommen von Erregbarkeits-Differenzen im motorischen Nerven und im Muskel für die beiden Stromesarten.

Duchenne fand bereits in den vierziger Jahren, dass bei Lähmungen motorischer Nerven die faradische Contractilität bald wohl erhalten, bald herabgesetzt oder gänzlich erloschen gefunden werde und dass im ersten Falle eine leichte, im letzten Falle eine schwere Läsion des motorischen Nerven angenommen werden müsse. In der Folge entdeckte dann Duchenne noch die interessante Thatsache, dass nach längerer oder kürzerer Dauer der Lähmung der Wille seine

---

[1]) Traité de l'Électricité médicale. Paris 1872.

Herrschaft über den motorischen Apparat wiedererlangen könne, ohne dass Nerv oder Muskel auf den Inductionsstrom reagire.

Es bedurfte aber erst der durchschlagenden Publication des Nürnberger Arztes Baierlacher[1]), um das allgemeine Interesse der Fachgenossen diesem Gegenstande zuzuwenden. Baierlacher sah bei der rheumatischen Facialisparalyse Nerv und Muskel ohne alle Reaction für den Inductionsstrom, während der galvanische Strom anomal starke Contraction hervorrief.

Nachdem Baierlacher's Befunde durch casuistische Beiträge von Schulz, M. Meyer, Brückner, Neumann und mir als zutreffend bestätigt waren, habe ich die ganze Frage an der Hand klinischer Beobachtungen und Versuche einer eingehenden Untersuchung vom klinischen Standpunkte unterzogen, eine Anzahl neuer Thatsachen constatirt und die Fragestellung für die weiteren Untersuchungen formulirt[2]). Ich stellte durch klinische Beobachtungen Folgendes fest:

„Die Entartungsreaction kommt nicht blos bei rheumatischer Facialislähmung, sondern auch bei traumatischer, diphtheritischer und saturniner Lähmung vor.

Bei der schweren Form ist die Reaction des motorischen Nerven von der des Muskels ganz verschieden und von derselben zu trennen[3]).

„Die Muskelirritabilität bleibt auch bei vollständiger Degeneration des Nerven erhalten. Die Zuckung hat in diesem Falle einen trägen Charakter. Das Zustandekommen dieser Zuckung beruht auf dem

---

[1]) Aerztl. Intelligenzbl. No. 4. 1859.

[2]) Ziemssen, Ueber die Differenz in der Erregbarkeit gelähmter Nerven und Muskeln gegen den faradischen und galvanischen Strom. Berl. klin. Wochenschr. 1866. No. 43—46.

[3]) Ich verweise in dieser Beziehung auf meine, eben erwähnte Arbeit, wo es S. 417 heisst: Wir sehen hier als Folge der Durchschneidung des Facialisstammes am Ende der dritten Woche: Mangel der Erregbarkeit der Facialiszweige für den Willen, für den inducirten und auch für den galvanischen Strom . . . Dagegen haben die gelähmten Muskeln ihre galvanische Irritabilität bewahrt und antworten auf directe Reizung durch den Batteriestrom mit einer trägen Verkürzung . . .

Dasselbe Verhalten gelähmter Muskeln gegen den galvanischen Strom bei völliger Unerregbarkeit ihrer Nerven für beide Stromesarten finden wir an den Kleinfingermuskeln in dem nachstehenden Falle (traumatische Lähmung des N. ulnaris)."

Umstande, dass Nerv und Muskel bei der peripherischen Lähmung die Eigenschaft, auf Ströme von momentaner Dauer zu reagiren, verloren, dagegen die Erregbarkeit auf Ströme von längerer Dauer, selbst wenn dieselben eine geringe Intensität besitzen, bewahrt haben.

Es giebt verschiedene Grade der einschlägigen Veränderungen:

I. Motilität beschränkt oder aufgehoben; Erregbarkeit für intermittirende oder constante Ströme normal.

II. Motilität aufgehoben; faradische und galvanische Reizbarkeit gesunken.

III. Motilität aufgehoben; sowohl im Nerven als im Muskel ist die Erregbarkeit für den constanten Strom erhalten.

IV. Die Erregbarkeit des Nerven für den Willen und die beiden Stromesarten ist erloschen, dagegen ist die galvanische Irritabilität der Muskeln erhalten.

Ich betone hier besonders den zuerst von mir in dieser Arbeit für die Zwischenstufen gelieferten Nachweis (l. c· Fall IV.), dass die Erregbarkeit des Nerven für den constanten Strom erhalten, für den inducirten erloschen sein kann, eine Thatsache, welche erst neuerdings zur Anerkennuug gelangt (vergl. Rosenthal-Bernhardt, l. c. p. 28).

Die Zwischenformen der EaR, welche Erb als „partielle EaR" bezeichnet, habe ich und Weiss zuerst klinisch und experimentell nachgewiesen und graphisch dargestellt (Dtsch. Archiv f. klin. Med. IV. S. 579ff.).

Unsere Diagramme No. I, Fig. 3 und No. III, Fig. 3 liefern den Beweis, dass wir die Thatsache nicht nur bei unseren Experimenten gefunden, sondern auch sofort richtig gewürdigt haben. Aus dem nachstehenden Texte, der die Diagramme erläutert, geht ausserdem hervor, dass wir diese Beobachtung damals auch bereits am Menschen gemacht hatten. Leider habe ich damals die einschlägigen Beobachtungen zu publiciren verabsäumt.

„Bei schwacher Quetschung des Nerven, heisst es p. 584, ist der gänzliche Verlust der Erregbarkeit (der Nerven) entweder nur von kurzer Dauer oder es kommt gar nicht zu gänzlichem Verlust, sondern nur zu einer Abschwächung der Erregbarkeit für beide Ströme, besonders für den Inductionsstrom oder auch nur für den letzteren und zwar nur für wenige Tage."

Und ferner bei den Veränderungen der faradischen Erregbarkeit am Muskel heisst es:

„Bei leichten Läsionen, z. B. bei schwachen Umschnürungen des Nervenstammes, kommt es — ganz wie bei leichten traumatischen und rheumatischen Lähmungen am Menschen — nur zu einer mehr oder weniger erheblichen Abschwächung der (faradischen) Erregbarkeit, wie die Curve No. I, Fig. 3 und No. III, Fig. 3 anschaulich macht." Je unerheblicher die Erniedrigung, um so

kürzer war ihre Dauer, immerhin aber vergingen bei den leichtesten Lähmungen bis zur Wiederkehr der normalen und ursprünglichen Errgbarkeitsziffer 8 Wochen und darüber.

Und endlich bei der Frage von der galvanischen Erregbarkeit des Muskels heisst es p. 592: „Selbst bei den leichtesten Lähmungen, bei denen die faradische Erregbarkeit nur um 20—30 Mm. sank, war diese galvanische Uebererregbarkeit (des Muskels) ebenso deutlich ausgesprochen als bei schweren“ (vergl. Curve No. III, Fig. 3).

Klarer kann ein Befund wohl nicht ausgedrückt und in seiner Bedeutung für die Gravität der Lähmung gewürdigt werden. Es ist hiernach zweifellos, dass die sog. partielle EaR von mir und Weiss zuerst experimentell und an Kranken constatirt und als Zwischenstufen oder mittlere Grade der Ernährungsstörungen in den Rahmen der Entartungsreaction eingefügt ist

Durch die gleichzeitig erschienenen experimentellen Arbeiten von Erb[1]), sowie von August Weiss und mir[2]) wurde die Lehre von der Entartungsreaction zu einem vorläufigen Abschluss geführt. Die klinischen Thatsachen wurden von uns ziemlich übereinstimmend, die anatomischen von Erb allein festgestellt[3]).

Durch eine Reihe von weiteren klinischen Untersuchungen wurde in der Folge die Constanz der Vorgänge bei den verschiedensten peripherischen Lähmungen festgestellt; dann allmälig auch eine Reihe spinaler Erkrankungen in den grauen Vordersäulen als Ausgangspunkte des Symptomencomplexes nachgewiesen und versucht, die Beziehungen der klinischen Erscheinungen zu den anatomischen Grundlagen festzustellen.

Ernstliche Einwendungen gegen die allseitig acceptirte Auffassung von dem Wesen der Entartungsreaction sind nur von Vulpian[4]) und Goldschmidt[5]) erhoben worden. Vulpian's Einwürfe wenden sich

---

[1]) Erb, Zur Pathologie und pathologischen Anatomie peripherischer Paralysen. D. Archiv f. klin. Med. Bd. IV. S. 535. 1868, und Bd. V. S. 42 ff.

[2]) Ziemssen und Aug. Weiss, Die Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit bei traumatischen Lähmungen. Eine experimentell-pathologische Untersuchung. D. Archiv f. klin. Med. Bd. IV. S. 579 ff.

[3]) Ich hielt es zur Steuer der Wahrheit für nöthig, an dieser Stelle meinen Antheil an der Entwickelung der Lehre von der Entartungsreaction ein für alle Mal klar zu legen. Auf den Prioritätsstreit zwischen Erb und mir hier einzugehen verzichte ich gern und begnüge mich, auf meinen diesbezüglichen Artikel in der Berliner klin. Wochenschrift, No. 52, 1885 zu verweisen.

[4]) Arch. de Physiol. norm. et pathol. 1872. Bd. IV. S. 245.

[5]) Untersuchungen über den Einfluss von Nervenverletzungen auf die elektrische Erregbarkeit von Nerv und Muskel. Dissert. Strassburg 1877.

vornehmlich gegen die Constanz der Erscheinungen und den Schluss, dass die Ergebnisse an von der Haut gedeckten Muskeln gleichzusetzen wären dem wirklichen Verhalten der Muskeln. Goldschmidt verfolgte diese Einwürfe weiter und glaubte gefunden zu haben, dass sich in der That der blossgelegte Muskel anders verhalte, als der von der Haut bedeckte.

Zur endgiltigen Beseitigung der Einwürfe und Aufklärung des Sachverhaltes in klinischer und anatomischer Beziehung veranlasste ich Herrn Leegaard aus Christiania, in meinem klinischen Institute eine experimentelle Revision der ganzen Frage vorzunehmen. Die Arbeit von Leegaard[1]) hat nun alle wichtigen klinischen und anatomischen Thatsachen in überzeugender Weise klargelegt und insbesondere die Vulpian'schen Einwände wohl definitiv abgefertigt.

In der Folge hat auch Bastelberger[2]) und Stintzing die Goldschmidt'schen Versuche wiederholt und als für das Wesen der Sache irrelevant nachgewiesen.

Die in meinem Institute von Stintzing[3]) angestellte Experimentaluntersuchung über Nervendehnung berührt überhaupt vielfach die Lehre von der Entartungsreaction. In dieser Arbeit, welche zum ersten Mal das Zuckungsgesetz und seine Modificationen an der Hand der absoluten Strommessung behandelt, wird der Nachweis geliefert, dass man durch passende Abstufung der Nervendehnung verschiedene Grade und Formen der EaR am Thiere hervorrufen kann.

Die neueste Zeit hat unserem Gegenstande mannigfache Bereicherung gebracht, so die Thatsache, dass auch der faradische Strom vom Nerven aus träge Zuckungen hervorrufen könne (faradische Entartungsreaction); ferner hat sie eine Thatsache, welche ich bereits im Jahre 1867 gesehen und beschrieben habe (vgl. oben S. 312) bestätigt, nämlich die, dass ein Nerv für den faradischen Strom nicht anspruchsfähig sein kann, während er auf den constanten Strom reagirt.

Als hervorragend wichtig für die Frage der Entartungsreaction sowohl, wie für viele andere Fragen der Neurologie sind die aus dem klinischen Institute zu München hervorgegangenen Untersuchungen von Gessler über die motorische Endplatte und ihre Bedeutung für die peripherische Lähmung (Leipzig, F. C. W. Vogel, 1885)

---

[1]) Ueber die Entartungsreaction. D. Archiv f. klin. Md. Bd. XXVI. 1880. S. 459.

[2]) D. Archiv f. klin. Med. Bd. XXVIII. 1881. S. 562.

[3]) Stintzing, Ueber Nervendehnung. Leipzig 1883.

zu bezeichnen, insofern hier der Neuropathologie ein ganz neues Gebiet erschlossen wird. Wir werden auf diese Arbeit noch wiederholt zurückkommen.

Die typische Form der Entartungsreaction.

Wir bezeichnen mit dem von Erb vorgeschlagenen und allgemein adoptirten Namen Entartungsreaction (EaR) eine in gesetzmässiger Weise ablaufende Reihe von Veränderungen der Function und der elektrischen Erregbarkeit von Nerv und Muskel. Dieselben bestehen in:

1) Aufhören oder Verminderung der Excitabilität des Nerven für beide Ströme bei Ausschluss des Willenseinflusses.

2) Aufhören der faradischen, Steigerung der galvanischen Muskelerregbarkeit, gewöhnlich mit Erhöhung der mechanischen Erregbarkeit verbunden.

3) Träger, verzögerter Ablauf der galvanischen Muskelcontraction statt des normalen, blitzähnlichen Ablaufes der Zuckung.

4) Auftreten gewisser Alterationen der Zuckungsformel.

Die Reihenfolge und Dauer der einzelnen Erscheinungen stellt sich am reinsten dar bei schweren traumatischen und rheumatischen Leitungslähmungen.

1) In den ersten Tagen nach Eintritt einer Lähmung zeigt sich zuweilen eine leichte Steigerung der Erregbarkeit des Nerven, dann aber beginnt am 2.—3. Tage das Absinken der Erregbarkeit des betreffenden Nerven und seiner Zweige für beide Stromesarten in ziemlich gleicher Weise, so dass man von Tag zu Tag immer grössere Stromstärken anwenden muss, um eine Minimalcontraction auszulösen. Zwischen dem 8. und 12. Tage erlischt die elektrische Erregbarkeit des Nerven vollkommen.

2) Der gelähmte Muskel verliert um dieselbe Zeit seine Erregbarkeit für den unterbrochenen Strom, nachdem dieselbe vorher allmälig gesunken war, während die galvanische Erregbarkeit sich rasch steigert, und zwar bis zu dem Grade, dass Muskeln, welche auf der gesunden Seite, z. B. im Facialisgebiet einer Stromstärke von 4,0 Milliampères zur Erzeugung einer Minimalcontraction bedürfen, auf der gelähmten Seite auf 0,4 Milliampères

mit Zuckung reagiren, ja selbst schon von Stromschleifen erregt werden, welche bei der Prüfung des Contractionsminimums auf der gesunden Seite bei nicht zu grosser Entfernung von der Mittellinie auf die Muskeln der gelähmten Seite übergehen und Zuckung erregen. Man sieht letzteres Phänomen am häufigsten bei Facialislähmungen, wenn man auf der gesunden Seite am Triangularis oder Quadratus menti operirt: es zucken dann die homologen Muskeln der gelähmten Gesichtshälfte in der charakteristischen trägen Weise bei einer Stromstärke, welche die gesunden Muskeln, auf welchen die Elektrode steht, noch gar nicht zur Verkürzung bringt.

Dieser Zustand galvanomuskulärer Uebererregbarkeit währt gewöhnlich mehrere Wochen, um dann bei Fortbestehen der normalen oder anomalen Zuckungsformel allmälig bald schneller, bald langsamer abzusinken, so dass schliesslich nur noch Commutationen eines stärksten Stromes eine träge Zuckung hervorrufen. Endlich erlischt auch dieser Rest von galvanomuskulärer Erregbarkeit und der Muskel ist nun ebenso stumm für beide Stromesarten, wie es der Nerv von der 2. Woche an gewesen ist.

3) Die Veränderung des Zuckungsmodus, welche mit der Steigerung der galvanomuskulären Erregbarkeit eintritt, ist durchaus charakteristisch. Die Contraction entwickelt sich träge und klingt langsam ab. Der Gegensatz der trägen Contraction der gelähmten Muskeln gegenüber der kurzen, blitzähnlichen Zuckung der gesunden Muskeln ist, wie ich schon in meiner ersten Arbeit über diesen Gegenstand hervorgehoben habe und wie neuerdings von Jolly wieder betont wurde, das eigentlich Charakteristische der Entartungsreaction. Selbst bei den leichtesten Formen der partiellen EaR, wo die Nervenerregbarkeit und auch die faradomuskuläre Contractilität erhalten und die normale Zuckungsformel wenig oder gar nicht verändert ist, zeigt sich immer und als allein constant die träge Form der Zuckung.

Häufig besteht in diesem Stadium der galvanomuskulären Uebererregbarkeit eine Steigerung der mechanischen Erregbarkeit. Man prüft dieselbe durch leises Aufklopfen auf den gelähmten Muskel mit einem Percussionshammer. Leider haben wir eine exacte Methode, welche die Stärke des mechanischen Reizes wie der Reaction zu messen gestattet, noch nicht.

4) Die Aenderung der Zuckungsformel, welche gewöhnlich aber durchaus nicht immer mit dem Eintritt der galvanomuskulären

Uebererregbarkeit eintritt, gestaltet sich folgendermassen: Die Anodenschliessungszuckung (AnSZ) wächst allmälig an und zwar so, dass sie die Stärke der KaSZ erreicht, ja dieselbe manchmal übertrifft. Dies ist leicht durch Bestimmung des Contractionsminimums und der Galvanometerausschläge festzustellen. Weniger constant und deutlich ist das Anwachsen der KaOZ und ihre Annäherung an die AnOZ; indessen sind doch Fälle beobachtet, wo die KaOZ den Schwellenwerth der AnOZ erreichte.

Bei Fortbestehen dieser anomalen Zuckungsformel stellt sich nach 4—6 Wochen eine Abnahme der galvanomuskulären Uebererregbarkeit ein. Von Woche zu Woche muss man die Stärke des Batteriestromes wachsen lassen, um überhaupt noch eine Contraction zu erzielen, und schliesslich wird nach Monaten nur noch eine schwache, träge Zuckung durch AnS bei höchster Stromstärke oder nur noch durch Stromwendung nach der An hin erreicht.

Stellt sich durch die Regeneration des Nerven die Motilität wieder her, so kann trotzdem die träge Zuckungsform und anomale Polwirkung noch eine Zeit lang fortbestehen. Allmälig aber wendet sich die Sache wieder dem Normalverhalten zu: die Zuckung zeigt wieder einen schnellen Ablauf und wird in stärkerem Grade von der KaS, als von der AnS erzeugt.

Uebrigens zeigt sich die wiederkehrende Leitungsfähigkeit des Nerven zuerst in der Wiederkehr des trophischen Einflusses des Centrums auf den Tonus des Muskels. Am belehrendsten ist in dieser Beziehung die Beobachtung bei halbseitiger Facialislähmung. Die gelähmte Gesichtshälfte rundet sich wieder und das Gesicht steht bei mimischer Ruhe weniger verzogen, endlich ganz gerade: vermöge des wiederkehrenden Tonus halten die gelähmten Muskeln in der Ruhe den Antagonisten das Gleichgewicht. Sobald aber eine mimische Action in Scene gesetzt wird, tritt das Ueberwiegen der Antagonisten wieder und zwar um so vollständiger in die Erscheinung, je energischer z. B. beim Lachen die Contraction derselben ist.

Demnächst kehrt der Einfluss des Willens ersichtlich wieder zurück. Der Patient vermag anfangs schwache, dann stärkere Contractionen auszulösen, doch ermüdet der Muskel sehr rasch; erst allmälig nimmt Energie und Ausdauer der Contraction zu.

Die elektrische Erregbarkeit der gelähmten Nerven mangelt um diese Zeit in der ganzen Ausdehnung der Degeneration und Regeneration. Der Nerv ist für den elektrischen Reiz noch nicht anspruchs-

fähig, trotzdem er bereits für die centralen Impulse leitungsfähig geworden und an allen centralwärts vom Sitz der Lähmungsursache gelegenen Abschnitten elektrisch erregbar ist. Es ist noch zu entscheiden, ob dieser Mangel der Anspruchsfähigkeit im peripheren Stücke des in Regeneration begriffenen Nerven beruht auf einer unvollständigen Entwicklung der Markscheide, welche Erb als den reizaufnehmenden Theil der Nervenfaser anzusprechen geneigt ist, oder auf anderen unbekannten Momenten.

Allmälig, während die Motilität sich mehr und mehr dem Normalverhalten annähert, kehrt nun auch die Erregbarkeit der Nervenfasern für beide Stromesarten zurück, bleibt aber gewöhnlich für lange Zeit erheblich unter dem Normalen.

Das Verhalten des Muskels nach Vollendung der Regeneration des Nerven entspricht in der Rückkehr zum Normalen durchaus dem Verhalten des Nerven. Die Erregbarkeit für beide Stromesarten kehrt allmälig wieder zurück, der Zuckungsmodus ist wieder der normale blitzähnliche, die Zuckungsformel wieder die normale. Die Energie der Zuckung selbst für stärkere Ströme bleibt aber sehr lange eine herabgesetzte, was sich am Besten bei der Vergleichung derselben mit der der gleichnamigen Muskeln an der gesunden Körperhälfte erkennen lässt.

Die anatomischen Veränderungen, welche den soeben beschriebenen charakteristischen Krankheitsvorgängen zu Grunde liegen, gehen im Nerven, in der motorischen Endplatte und im Muskel vor sich.

Die Veränderungen am lähmungsunfähig gewordenen Nerven sind vielfach schon früher, ehe man von der Entartungsreaction etwas wusste, aus anderen Gründen studirt, neuerdings aber mit verbesserten Methoden einer Revision unterworfen von Erb, Neumann[1]), Leegaard, l. c., Sigm. Mayer[2]), H. Gessler[3]).

Sie stellt sich dar als eine körnig-schollige Degeneration der Markscheide, welche schon in den ersten Tagen nach der Läsion eintritt, Erweichung des Axencylinders, an dessen Stelle Protoplasmaklumpen zurückbleiben. Dabei Kernwucherung der

---

[1]) Neumann, Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. XVIII. 1880.

[2]) Prager Zeitschr. f. Heilk. Bd. II. 1881.

[3]) H. Gessler, Die motorische Endplatte und ihre Bedeutung für die periphere Lähmung. Leipzig 1885. F. C. W. Vogel.

Schwann'schen Scheide, zellige Anhäufungen im Neurilemm, aus welchen junges Bindegewebe hervorgeht. Dieses durchzieht und durchsetzt den ganzen Nerven in grösserem oder geringerem Maassstabe. Nach einer Reihe von Wochen oder Monaten beginnt, falls trophische Einflüsse überhaupt noch soweit wirksam werden, dass regenerative Tendenzen zum Ausdruck kommen, die Regeneration der Nervenfaser, nicht von der Läsionsstelle aus nach der Peripherie fortschreitend, sondern, wie Gessler nachgewiesen hat, an der Peripherie. Die anatomischen Veränderungen bestehen bei der Regeneration vor Allem in der Ueberbrückung der Läsionsstellen durch eine Art von Protoplasmacallus.

Die Nervenfasern, welche als schmale, blasse Bänder das Bindegewebe durchziehen, zeigen nach kürzerer oder längerer Zeit eine Anfangs schmale, später breitere Markscheide, so dass zuletzt die histologische Continuität der einzelnen Fasern und damit die Leitung hergestellt ist. Mit der relativen Normalität der Function contrastirt aber das anatomische Bild noch erheblich, insofern das interstitielle Bindegewebe in grösserer oder geringerer Massezunahme persistirt.

Nicht minder typisch sind die Veränderungen an den Muskeln. Dieselben sind theils rein trophischer, theils irritativer Natur. Erstere bestehen in einer einfachen Atrophie der Muskelprimitivbündel mit geringer oder fehlender Fettdegeneration, welche bei spät erfolgender oder ganz ausbleibender Regeneration zu vollständigem Schwund der Substanz und Collaps des Sarcolemms führen kann.

Die irritativen Vorgänge documentiren sich in colossaler Wucherung der Muskelkerne, dann in Zellenanhäufungen in dem interstitiellen Bindegewebe des Muskels mit Ausgang in Hyperplasie des Bindegewebes (Muskelcirrhose). Schliesslich und besonders in unheilbaren Fällen präsentirt sich der Muskel als bindegewebiger dünner Strang, in dem sich hier und da noch Muskelfasern eingestreut finden lassen.

Mit der trophischen Restitution des Muskels tritt die interstitielle Bindegewebshyperplasie allmälig mehr und mehr zurück, jedoch scheint bei schweren Lähmungen, selbst wenn dieselben nach längerer Zeit wieder ganz verschwinden, eine vollständige Herstellung der histologischen Integrität des Muskels, des Status quo ante, nicht möglich, wenn auch die Function scheinbar vollkommen wieder zur Norm zurückkehrt.

Die motorischen Endplatten zeigen beim Warmblüter (Meer-

schweinchen) nach Gessler im Vorstadium sowie auch im weiteren Verlaufe der EaR normale Kerne und normale Geweihe. Erst wenn die Atrophie der Muskelfasern einen gewissen Grad erreicht hat, greift eine Vermehrung der granulirten Kerne in der Endplatte Platz, bis endlich auch die Nervengeweihe vollständig verschwinden. Noch im Stadium der grössten Muskelatrophie bei einer Umwandlung der Nerven zu kernhaltigen Bindegewebszügen giebt sich die Nervenendplatte durch Kernanhäufungen, zwischen welche spärliche granulirte Substanz gelagert ist, zu erkennen.

Von den regenerativen Vorgängen kommt die Regeneration der Endplatte als das Erste zur Vollendung. Sowie die Atrophie der Muskelfaser sich nur einigermaassen ausgeglichen hat, findet man die Endplatten in Kernen und Nervengeweih vollvollständig wiederhergestellt, während die intermuskulären Nerven und die Nervenstämme sich entweder noch in Degeneration befinden oder mehr weniger vorgeschrittene Regeneration zeigen. Hiernach zeigt die Endplatte eine gewisse Unabhängigkeit vom Nervensystem und ihrer physiologischen Dignität nach mehr eine Zugehörigkeit zum Muskel als zum Nerven (Gessler).

Der regelmässige Ablauf der im Vorstehenden skizzirten histologischen Veränderungen lässt sich nun auf Grund des Thierexperimentes auch für den Menschen ungezwungen in bestimmte, zeitliche Beziehung zu den typischen Phasen der Entartungsreactiou setzen.

Die Unterbrechung des Zusammenhanges an der Läsionsstelle des Nerven motivirt die Unterbrechung der Leitung zum peripherischen Nervenstücke und zum Muskel sowohl für die Willensimpulse, wie für die elektrische Reizung des centralen Nervenstückes.

Die Abnahme der elektrischen Erregbarkeit des Nerven unterhalb der Läsionsstelle repräsentirt anatomisch die fortschreitende Degeneration des Nerven. Dagegen scheint das Erlöschen der faradischen Erregbarkeit des Muskels, sowie die träge Form der Zuckung nach Gessler vornämlich wenn nicht ausschliesslich auf der Atrophie der Muskelfaser zu beruhen und zwar aus folgenden Gründen:

Die Degeneration der Nerven bis in ihre letzten Endigungen, einschliesslich der Endplatten, geht bei Kaltblütern in aualoger Weise, wie bei Warmblütern, aber unendlich viel langsamer fort. Was sich beim Meerschweinchen am 2. Tage nach der Nervenquetschung findet, zeigt sich bei der Eidechse erst in der 2. Woche.

Trotz vollständiger Degeneration des Nerven und der motorischen Endplatten findet sich aber beim Kaltblüter keine Entartungsreaction im Muskel, sondern nur eine Herabsetzung seiner Erregbarkeit für beide Stromesarten. Andererseits findet sich beim Warmblüter Entartungsreaction schon zu einer Zeit, zu welcher die Nervenendapparate noch nicht degenerirt sind. Hiernach müssen die Ursachen der EaR, vor Allem der trägen Zuckungsform, einzig und allein in der Muskelfaser selbst und zwar in dem hohen Grade der Atrophie beim Warmblüter gesucht werden, welcher beim Kaltblüter fehlt, und durch welchen jenes Missverhältniss zwischen contractiler Substanz und Bindegewebe hergestellt wird, welches beim glatten Muskel normal vorhanden ist.

Den Beweis hierfür liefern Gessler's vergleichende Untersuchungen an Kalt- und Warmblütern. Letztere (Meerschweinchen) zeigten die bei den übrigen Säugern constatirte Uebererregbarkeit der Muskeln für constante Ströme neben der irritativen Kernwucherung im Sarcolemma. Dem Kaltblüter (grüne italienische Eidechse) dagegen fehlt unter den gleichen Verhältnissen die interstitielle Kernwucherung und damit auch die Uebererregbarkeit des Muskels.

Die galvanische Uebererregbarkeit des Muskels ist also auf die irritativen Vorgänge im Sarcolemm des Muskels zu beziehen.

Für das rasche Sinken der faradischen Erregbarkeit des Muskels, sowie für die Umkehr der Zuckungsformel glaubt Gessler chemische Veränderungen im Muskel annehmen zu müssen. Die Molekulartheorie Freusberg's[1]) ist nach Gessler's Meinung durch seine Untersuchungen hinfällig geworden. Neumann[2]) lieferte allerdings den von mir durch weitere Versuche bestätigten Nachweis, dass der Muskel die Fähigkeit, auf Ströme von kurzer Dauer mit Zuckung zu reagiren, verloren habe. Aber dieser Nachweis giebt keine Aufklärung darüber, welche Vorgänge im Muskel diesen Verlust der Reaction auf kurzdauernde Ströme bedingen.

Das endliche Sinken der galvano-muskulären Erregbarkeit repräsentirt die fortschreitende hochgradige Atrophie der Muskelfaser und das Uebermaass der interstitiellen Bindegewebshyperplasie.

Mit der Wiederkehr der Leitung im motorischen Nerven kehrt, wie oben erwähnt, die Anspruchsfähigkeit des Nerven, sowie auch

---

[1]) Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1879. Bd. IX. S. 244.

[2]) Deutsche Klinik. 1864. No. VII.

des Muskels für den elektrischen Strom nicht sofort, sondern erst, nachdem die histologischen Restitutionsvorgänge einen gewissen Grad erreicht haben, zurück.

Die atypischen Formen der EaR.

Ich habe in meiner mit Weiss unternommenen Arbeit zuerst den Beweis geliefert, dass unvollkommen entwickelte Formen der EaR zur Beobachtung kommen. Weitere Studien auf diesem Gebiete (Erb, Bernhardt) haben in den letzten Jahren unsere Kenntnisse in mancher Richtung erweitert, indem sie uns gelehrt haben, dass von der typischen Form der EaR sehr zahlreiche Abweichungen existiren, welche, wie es scheint, bedingt sind durch einen relativen geringen Grad der anatomischen Störung sowie auch durch den Sitz derselben.

Diese atypischen Formen der EaR (partielle EaR, Erb), welche vorzüglich den leichten Lähmungen zukommen, weichen von dem typischen Bilde der Entartungsreaction in Folgendem ab:

Trotz vollständiger motorischer Lähmung erlischt die faradische und galvanische Erregbarkeit des Nerven nicht, sondern bleibt normal oder wird (häufiger) etwas herabgesetzt, ebenso die faradische Muskelerregbarkeit. Dagegen zeigt sich bei der galvanomuskulären Prüfung träge Zuckung und Uebererregbarkeit mit oder ohne Aenderung der Zuckungsformel.

Ferner kann die faradomuskuläre Erregbarkeit der Art verändert sein, dass die Zuckung abgeschwächt ist, träge eintritt und absatzweise abläuft (faradische Entartungsreaction [E. Remak[1])], partielle EaR mit indirecter Zuckungsträgheit [Erb]). Leegaard sah diese träge faradomuskuläre Zuckung am blossgelegten Kaninchenmuskel, Stintzing gelang es, sie durch Nervendehnung mässigen Grades am Kaninchen hervorzurufen. Ich selbst habe sie mit Dr. Stintzing kürzlich bei einer rheumatischen Facialisparalyse im M. frontalis beobachtet, sowohl bei directer als bei indirecter Reizung.

Auch eine Differenz in der Erregbarkeit des Nerven für den faradischen und galvanischen Strom wurde in seltenen Fällen in der Weise beobachtet, dass die Erregbarkeit für den galvanischen Strom erhalten

[1]) Arch f Psych. u. Nervenkr. Bd. IX. 1879

blieb, während die faradische Nervenerregbarkeit erlosch [Ziemssen, l. c., Bernhardt[1]), F. Müller[2])], und umgekehrt so, dass die faradische Reizung wirksam blieb, die galvanische aber unwirksam wurde [Adamkiewicz[3])].

Endlich wurde bei einzelnen centralen Affectionen partielle Entartungsreaction gefunden, auch bei intacter elektrischer Nervenerregbarkeit, ja selbst an Muskeln, welche gar nie gelähmt waren (Erb, Bernhardt, Kast).

Ich selbst sah kürzlich die letztere Erscheinung bei einer Bleilähmung an dem M. extensor digitor. comm. des scheinbar gesunden Vorderarms. Die grobe Kraft des Muskels hatte allerdings schon erheblich gelitten, er gehorchte dem Willen aber noch vollständig.

In seiner Untersuchung „Ueber die Varietäten der Entartungsreaction" hat Stintzing[4]) neuerdings auf meiner Klinik die atypischen Formen der EaR zu einem besonderen Studium gemacht. Er giebt an, dass man, eine möglichst häufige und detaillirte Prüfung der elektrischen Erregbarkeit vorausgesetzt, nicht gerade sehr selten Variationen des Grundtypus findet, welche grösstentheils rasch vorübergehende Uebergangsstufen, sei es in progressiver, sei es in regressiver Richtung, darstellen, weit seltener längere Zeit hindurch persistiren. Zu den bereits bekannten häufigeren Modificationen der EaR fügt er eine Anzahl noch nicht beobachteter seltener Varietäten hinzu und theilt dieselben nach der Schwere der Affectionen in gewisse Gruppen und Abstufungen ein. Von besonderem Interesse ist der von Stintzing in einer Anzahl von Fällen geführte Nachweis des Ueberganges von einer Form in die andere. Freilich scheinen in den meisten Fällen entsprechend der raschen Entwickelung und der Ausbreitung bezw. der Rückbildung der Processe mehrere und häufig sämmtliche Zwischenstufen übersprungen zu werden, und so erklärt es sich, dass es bisher nicht geglückt ist, Uebergänge für alle Formen nachzuweisen. Gleichwohl stützt sich die von Stintzing aufgestellte graduelle Eintheilung, soweit sie des empirischen Beweises entbehrt, auf zwingende theoretische Erwägungen und dürfte somit dem wahren Sachverhalt

---

[1]) Arch. f Psych. u Nervenkr. Bd VII S. 313; Bd VIII S 783

[2]) Acute atrophische Spinallähmung der Erwachsenen 1880.

[3]) Charité-Annalen. V 1880. S. 353.

[4]) D. Arch f klin Med. Bd. 40. 1886.

entsprechen. Zu erwähnen ist noch, dass Stintzing bei der Zusammenstellung der verschiedenen Variationen ausgeht von einem Gesichtspunkte, den ich von jeher vertreten habe, dass nämlich der einzige integrirende Bestandtheil der EaR die träge Zuckung ist.

Abgesehen von dem theoretischen Interesse, welches die genaue Kenntniss jener Variationen bewirkt, hat ihre aus nachstehender Tabelle ersichtliche Classificirung auch einen gewissen praktischen Werth. Sie orientirt über die diagnostische und prognostische Bedeutung der allerdings seltenen Fälle, in welchen jene atypischen Entartungsphänomene, die bisher als Curiosa nur wenig Beachtung fanden, zur Beobachtung gelangen.

Die Varietäten der Entartungsreaction nach Gruppen und Abstufungen nach Stintzing.

Erste Gruppe. (Höchste Grade.)

EaR mit totaler Unerregbarkeit des Nerven (complete EaR).

Nerv	Muskel		
1. Nerv { FO, GO	Muskel { FO, G tr ↕	Typus der completen EaR. Herleitung bei progressivem Process aus Form 6, Uebergang bei regressivem Process in Form 2, 3, 11 und zur Norm nachgewiesen.	
2. Nerv { FO, GO	Muskel { F tr ↓, G tr ↓ =	3 eigene Beobachtungen. Herleitung aus 1, Uebergang in 9 u. zur Norm bei regr. Proc. nachgewiesen.	Vorkommen: Poliomyelitis chron. Progress. Bulbärkernlähmung. PeripbereLähmung.
3. Nerv { FO, GO	Muskel { F pr ↕ =, G tr ↓	2 eigene Beobachtungen. Herleitung aus 1 (regr. Proc.) nachgewiesen. Kann wahrscheinlich lange Zeit persistiren.	Vork.: Periphere Lähmung.

Zweite Gruppe. (Hohe Grade.)

EaR mit partieller Unerregbarkeit des Nerven.

Nerv	Muskel		
4 Nerv { F tr ↓, GO	Muskel { FO, G tr ↕ =	3 eigene Beobachtungen. Herleitung aus 1 und Uebergang in 11 und in einfache Herabsetzung (regr. Proc.); Herleitung aus 7 u. 9 (progr. Proc.) uachgewiesen.	Vork.: Periphere Lähmung.
5. Nerv { F tr =, GO	Muskel { F tr =, G tr ↑	v. Ziemssen, 1 eigene Beobachtung. Uebergang (regr. Proc.) in 8 u. 11 nachgewiesen.	Vork.: Periphere Lähmung.
6. Nerv { F pr ↕, GO	Muskel { F tr ↕, G tr ↓	1 eigeue Beobachtung. Uebergang (progr. Proc.) in 1 nachgewiesen.	Vork.: Periphere Lähmung.

Dritte Gruppe. (Mittlere Grade.)

EaR mit faradischer Zuckungsträgheit des Nerven.

a) bei galvanischer Zuckungsthätigkeit des Nerven.

	Nerv	Muskel	Beobachtungen	
7.	F tr ↧ G tr ⇟	F O G tr ↓	1 eigene Beobachtung. Uebergaug (progr. Proc.) in 4 nachgewiesen.	Periph. Lähmung.
8.	F tr = G tr =	F tr ↕ G tr ↑	E. Remak, O. Vierordt, Erb, 2 eigene Beobachtg. Herleitung (progr. Proc.) aus 13 u. (regr. Proc.) Herleitung aus 5 u. Uebergang iu 11 u. 12 nachgewiesen.	Poliomyelit chron Periph Lähmung Nervendehnung.

b) bei prompter galvanischer Zuckung des Nerven.

	Nerv	Muskel	Beobachtungen	
9.	F tr ↧↓ G pr ⇟↓	F tr ⇟↧ G tr ↓ =	Kast, 3 eigene Beobachtg. Progr. Proc., Uebergang in 4, regr. Proc., Herleitung aus 1 u. 2, Uebergang in 10 u. 11.	Progr. Bulbärkernlähmung. Erkrankung der vorder. Wurzeln. Periph. Lähmung.
10.	E tr ↧ G pr =	F tr ⇟ G pr ↧	1 eigene Beobachtung. Regr. Proc., Herleitung aus 9 nachgewiesen.	Multiple Neuritis.

Vierte Gruppe. (Niedrige Grade.)

EaR mit prompter Zuckung des Nerven. (Partielle EaR)

	Nerv	Muskel	Beobachtungen	
11.	F pr ⇟↓ G pr ⇟↓	F O G tr ↧↕	3 eigene Beobachtungen. Regr. Proc., Herleitung aus 1, 4, 5, 8 u. 9 u. Uebergang in einfache Herabsetzung nachgewiesen.	Periph. Lähmung. Diphth. Lähmung.
12.	F pr ↧ = G pr ↓ =	F tr ↓↓ G tr ↑ =	3 eigene Beobachtungen. Regr. Proc., Herleitung aus 8 nachgewiesen.	Progr Bulbärkernlähmung. Periph. Lähmung. Nervendehnung.
13.	F pr ↓ G pr ↓	F pr ↓ G tr	v. Ziemssen, Bernhardt, Erb u. v. A., 1 eigene Beobachtung. Progr. Proc., Uebergang in 8, regr. Proc., Uebergang in 12 nachgewiesen.	Atroph. Spinallähmung. Periphere Lähmung. Nervendehnung.

Erläuterungen zu der Tabelle: F = faradisch, G = galvanisch, 0 = unerregbar, pr = prompte Zuckung, tr = träge Zuckung ⇟ sehr stark, ↧ stark, ↓ wenig herabgesetzte, = bedeutet: quantitativ normale, ↑ gesteigerte, ↕ theils gesteigerte, theils herabgesetzte Erregbarkeit.

Diagnostische und prognostische Bedeutung.

Die EaR findet sich vornehmlich bei peripherischen Leitungslähmungen aller Art und aller Intensitätsgrade, mögen sie traumatischer, rheumatischer, neuritischer oder diphtheritischer Natur sein.

Hier erscheint sie als ein so integrirender Bestandtheil des Krankheitsbildes, gegenüber dem Fehlen der Entartungsreaction bei centralen und rein myopathischen Lähmungen, dass man die EaR anfänglich als ein ausschliessliches Attribut der peripherischen neuropathischen Paralyse betrachtete. Die letzten Jahre haben unsere Kenntnisse dahin erweitert, dass auch gewisse spinale Erkrankungen mit Entartungsreaction einhergehen können und zwar solche, welche anatomisch *in den grauen Vordersäulen des Rückenmarks und der Kernregion der Medulla oblongata* localisirt sind. So wurde sie beobachtet bei der acuten und chronischen atrophischen Spinallähmung (spinale Kinderlähmung, Poliomyelitis anterior), bei der Bleilähmung, ferner bei der primären progressiven Muskelatrophie, dann ausnahmsweise bei amyotrophischer Lateralsklerose, bei progressiver Bulbärkernlähmung, traumatischer Hämatomyelie, Rückenmarkstumoren, bei secundären Amyotrophien, bei diphtheritischer Rumpf- und Extremitätenlähmung.

Ausgeschlossen ist die Entartungsreaction nach dem, was man bis jetzt weiss, in erster Linie bei allen cerebralen (auch hysterischen) Lähmungen, bei myelitischen, sowie bei rein myopathischen Lähmungen, eine Thatsache, die für die Diagnose complicirterer Fälle an sich schon von grosser Bedeutung ist. Allerdings hat die Arbeit *Gessler's*, was die rein myopathischen Lähmungen anlangt, aus theoretischen Gründen es wahrscheinlich gemacht, dass auch bei diesen die Entartungsreaction in die Erscheinung treten könne. Die praktische Erfahrung am Menschen spricht z. Z. gegen die Deduction *Gessler's*, allein es fragt sich, ob nicht manche bisher als neuromuskuläre Lähmungen mit EaR aufgefasste Paralysen primär rein myopathischer Natur sind, z. B. manche Formen der progressiven Muskelatrophie, der Bleilähmung u. s. w. Hierüber sind die Acten noch nicht geschlossen.

Es muss ferner hervorgehoben werden, dass das complete Bild der Entartungsreaction in einem bestimmten Nervenmuskelgebiete im Allgemeinen auf eine peripherische Leitungslähmung hinweist, während bei Spinalaffectionen poliomyelonären Sitzes Lähmung und Atrophie meist eine viel diffusere Ausbreitung hat.

Wir sehen also, dass die EaR an sich z. Z. nur für poliospinale und neuromuskuläre Lähmungen und degenerative Atrophien spricht, dass aber die Detaildiagnose erst durch die Concurrenz anderer

Symptome und auch der ätiologischen Momente festgestellt werden kann. Die Entartungsreaction ist aber gerade im Hinblick auf die oft so grossen Schwierigkeiten in der Beurtheilung des Einzelfalles ein ausserordentlich werthvoller Zuwachs unseres Wissens, sowohl was die Diagnose als auch was die Prognose anlangt.

In prognostischer Beziehung ist die EaR werthvoll dadurch, dass sie an der Intensität der Degenerationsphänomene erkennen lässt, ob wir es mit leichten, mittelschweren oder schweren Lähmungen zu thun haben. Je weniger die elektrische Erregbarkeit des Nerven gelitten hat, um so leichter ist der Fall, um so kürzer seine Dauer. Ist aber die Erregbarkeit des Nerven für elektrische Ströme ganz erloschen, die galvanomuskuläre Erregbarkeit hochgradig gesteigert und die Zuckung von träger Form, so handelt es sich entweder um schwere, regenerationsfähige Lähmung, oder um schwere, regenerationsunfähige Lähmung. Die Entscheidung hierüber — prognostisch im einzelnen Falle oft so ausserordentlich wichtig — kann nicht aus der EaR an sich entnommen werden, denn diese macht in beiden Fällen die oben geschilderten Phasen durch, bis die Erregbarkeit des Nerven und nicht minder auch des Muskels für beide Stromesarten definitiv erloschen ist. In diesem Stadium ist der Grad, bis zu dem die Atrophie des Muskels fortschreitet, für die Prognose einigermassen verwerthbar. Absolut sicher entscheidet aber im günstigen Sinne erst die Wiederkehr der ersten Spuren von trophischer Innervation, Wiederkehr des Tonus gegenüber den Antagonisten und endlich der Motilität.

Elektrodiagnostik der Reflexbewegung.

Das Gebiet der auf elektrischem Wege erzeugten Reflexe ist noch ein sehr dunkles und der Elektrodiagnostik noch nicht erschlossenes. R. Remak hat in seinem Hauptwerke diesem Gegenstande eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet und eine Reihe von Reflexphänomenen beschrieben, welche seitdem auch von anderen Autoren beobachtet wurden, aber neuerdings mehr und mehr in Vergessenheit gerathen sind, weil sie eine bestimmte Beziehung zu gewissen centralen Affectionen oder überhaupt eine praktische Bedeutung nicht zu erlangen vermochten. Von besonderem Interesse waren Remak's galvanotonische Contractionen bei Gesunden: Zusammenziehungen von Muskelgruppen, welche den von einem starken galvanischen Strome

durchflossenen Muskeln antagonistisch sind. In derselben Weise erzeugte Remak galvanotonische Contractionen bei veralteten apoplektischen Hemiplegien mit Contracturen in den Armstreckern der gelähmten Seite bei galvanischer Reizung des Ischiadicus derselben Seite. Auch gekreuzte Reflexe sind bei Tabes durch Galvanisirung des einen N. ischiadicus an der entgegengesetzten Unterextremität erzeugt worden. Remak's diplegische Contractionen dürften wohl auch als gekreuzte Reflexe anzusprechen sein. Sie wurden von Remak bei Arthritis nodosa und progressiver Muskelatrophie erzeugt durch Einsetzen der knopfförmigen An in die sog. Schwindelgrube (Fossa mastoidea hinter dem Angulus maxillae inf.), während die Ka auf der Wirbelsäule im Interscapularraum oberhalb des 6. Brustwirbels die Kette schloss. Die Reflexzuckungen kamen in den atrophischen Muskeln des der Anodenstellung entgegengesetzten Armes zur Erscheinung und wurden von Remak als von dem durch die An gereizten Ganglion cervicale supremum ausgehende Reflexe gedeutet. Spätere Beobachtungen haben gelehrt, dass derartige diplegische Contractionen auch bei Bleilähmung, bei rheumatischer, apoplektischer Lähmung und bei progressiver Bulbärkernlähmung vorkommen, dass die Localisation der Elektroden und die Stellung der Pole auch von der durch Remak angegebenen verschieden sein darf, und dass in seltenen Fällen auch der faradische Reiz dieselben hervorrufen kann. Es scheint hiernach, als ob diese elektrotonischen Reflexcontractionen und zwar sowohl die gleichseitigen als die gekreuzten zurückzuführen seien auf einen aussergewöhnlich hohen Grad allgemeiner Reflexerregbarkeit, wie er bei vielen Neurosen besteht. Die Remak'sche Cervicalzone, vor Allem die Fossa mastoidea, scheint zur Erzeugung dieser Reflexphänomene am geeignetsten zu sein, womit selbstverständlich nicht gesagt ist, dass der Sympathicus und speciell das Ganglion cervicale supremum bei dem Zustandekommen dieser Erscheinungen eine Rolle spielen. Darin kann man übrigens E. Remak nur beistimmen, dass das Verhalten der Reflexe bei elektrischer Reizung weiteren Prüfungen unterzogen zu werden verdient.

Methoden und Ergebnisse der elektrodiagnostischen Prüfung der Sensibilität.

Elektrische Prüfungen der Hautsensibilität haben bisher nur einen geringen praktischen Werth gegenüber den anderweitigen exacten Methoden der Prüfung des Ortssinns, des Tastsinns, des Drucksinns, des Temperatursinns und der Gemeingefühle. Die specifische Empfindung, welche der auf die Endausbreitungen der sensiblen Nerven einwirkende elektrische Strom zum Bewusstsein bringt, gehört der grossen Gruppe der Gemeingefühle an und kann deshalb, soviel bisher ersichtlich ist, diagnostisch wohl keine andere Bedeutung haben, als die Wirkung anderer Agentien, welche eigenthümliche und bei weiterer Steigerung schmerzhafte Empfindungen hervorrufen. Es nimmt also die elektrodiagnostische Untersuchung der sensiblen Sphäre eine ungleich niederere Stellung ein als die gleiche Exploration der motorischen Sphäre, für deren Erforschung wir keine auch nur annähernd äquivalente Prüfungsmethode besitzen.

Die einfachste Methode der elektrischen Sensibilitätsprüfung besteht in der Anwendung des Inductionsstromes und zwar in der Armirung des einen Pols mit einem glatt abgeschnittenen Pinsel von ziemlich starken Metallfäden. Ich benutze zu diesem Zwecke einen ca. 4 Finger breiten Pinsel von unbiegsamen Metallfäden oder die elektrische Bürste von Onimus. Erb verwendet eine nach seiner Angabe von Dr. Stöhrer und Sohn verfertigte Elektrode, welche in eine Röhre von Hartgummi eingelassen, ein Bündel von 400 feinen übersponnenen und gefirnissten Metalldrähten enthält. Die Contactfläche ist glatt abgeschliffen, so dass dieselbe der Hautoberfläche den Eindruck einer glatten Metallfläche macht, während die entgegengesetzten Enden der Drähte durch Löthung mit dem metallischen Theile des Elektrodenheftes und mit der Klemmschraube verbunden sind.

Erb's Instrument hat vor Bernhardt's[1]) und meinem Pinsel den Vorzug, dass die mechanische Wirkung der einzelnen Drahtfäden wegfällt und seine Anwendung deshalb ein von Fehlern ziemlich freies

---

[1]) Die Sensibilitätsverhältnisse der Haut. Berlin 1874 und Elektrotherap. Notizen. D. Arch f. klin. Med. XIX S. 382. 1877.

Resultat erzielt. Von Erb wird nach Aufsetzen der mit der Ka des Oeffnungsstromes armirten Elektrode auf die schwach befeuchtete Haut (An auf dem Sternum) zunächst das Minimum der specifischen elektrischen Empfindung festgestellt und der Rollenabstand als Empfindungsminimum notirt; sodann wird das Einschieben der Rolle bis zum Eintritt entschiedener Schmerzempfindung fortgesetzt und der RA als Schmerzempfindungsminimum wieder notirt. Die auf diese Weise für die wichtigsten Provinzen der Haut durchgeführten Prüfungen können dann nachträglich durch Feststellung des Leitungswiderstandes an den betreffenden Hautstellen noch ergänzt werden. Nach den Untersuchungen von Stintzing und Graeber (s. o.) ist übrigens bei Prüfungen der faradocutanen Sensibilität die Bestimmung des Leitungswiderstandes entbehrlich geworden.

Pathologische Befunde.

Die elektrodiagnostischen Anomalien an den sensiblen Nerven sind bisher ausschliesslich quantitative Erregbarkeitsstörungen: Hyperästhesie und Hyperalgesie einerseits, Anästhesie und Analgesie andererseits. Zu quantitativen Erregbarkeitsbestimmungen eignet sich die Methode ebenso, wie die Prüfung des Raumsinnes mit dem Aesthesiometer etc., weil wir die Dosirung des Reizes in der Hand haben. Solche quantitative Herabsetzungen der Erregbarkeit finden sich bei den meisten schwereren Erkrankungen des Rückenmarks und der peripherischen Nerven und auch bei vielen Gehirnaffectionen.

Qualitative Anomalien der galvanischen Reaction der sensiblen Nerven sind bisher nicht bekannt, doch dürfte auch in dieser Richtung, welcher bisher die Aufmerksamkeit der Fachgenossen nicht zugewendet war, noch manches Neue zu erwarten sein.

Verlangsamung der Schmerzleitung kann ebenfalls auf elektrodiagnostischem Wege geprüft werden. Ich habe den Funken einer Leydener Flasche zu diesem Zwecke benutzt und das Ueberschlagen desselben ebenso wie das vom Kranken zu gebende Signal auf die rotirende Trommel aufschreiben lassen. Auch E. Remak[1]), Leyden[2]) und Burkhardt[3]) haben Versuche angestellt, welche die

---

[1]) Archiv f. Psych. u. Nervenkr. Bd. IV. 1874. S. 763.

[2]) Virchow's Arch. Bd. XXXI. S. 1 ff. 1864; Klinik d. Rückenmarkskrankh. Bd. I. S. 136. 1874

[3]) Physiolog Diagnostik d. Nervenkrankh. 1875.

Brauchbarkeit starker elektrischer Reizestatt der Nadel wegen Wegfallens aller mechanischer Reizung erweisen.

Die elektrodiagnostische Prüfung der elektromuskulären Sensibilität.

Duchenne hat bekanntlich auf die Feststellung des Grades der elektromuskulären Sensibilität, wie im ersten Theil erörtert worden ist, grossen Werth gelegt und aus seinen Befunden weitgehende Schlüsse gezogen, hat aber in Anbetracht der oben berührten Umstände keine besondere Nachfolge bei den späteren Autoren gefunden, wenigstens liegen keine Publicationen über diesen Gegenstand vor. Wir müssen deshalb unter Bezugnahme auf das im ersten Theil Gesagte uns hier mit der Anführung der wenigen Thatsachen begnügen, welche bisher vorliegen.

Pathologische Befunde.

Erwähnung verdient zunächst die interessante Beobachtung Weir Mitchel's[1]), dass Amputirte bei Reizung der durchschnittenen Nervenstämme Bewegungen der einzelnen nicht mehr vorhandenen Muskeln fühlen und genau localisiren. Diese Beobachtung, wenn sie auch von anderer Seite bestätigt werden sollte, würde die aprioristische Annahme zur Gewissheit erheben, dass in den gemischten und doch auch wohl in den rein motorischen Nerven centripetal wirkende Fasern verlaufen, welche die Empfindung der Muskelcontraction, der Stellung der Gelenkflächen zu einander, der Belastung des Periosts, des Perichondriums etc. zum Bewusstsein bringen.

Von den Nervenkrankheiten ist es weitaus am häufigsten die Hysterie, in Form der Hemianästhesie und Paraplegie auftretend, sowie die Tabes, welche das Phänomen der elektromuskulären Anästhesie darbieten. Gewöhnlich ist sie bei beiden Krankheiten mit Hautanästhesie und -Analgesie verbunden, doch kann die Muskelanästhesie ohne die Hautanästhesie bestehen und umgekehrt die letztere ohne die erstere.

---

[1]) Injuries of nerves. S. 353 Philadelph. 1873.

Methoden und Ergebnisse der elektrodiagnostischen Prüfung der Sinnesorgane.

A. Elektrodiagnostik des Auges.

Die Methode der Untersuchung des Auges mittelst des elektrischen Stromes — wir sehen hier selbstredend von der Untersuchung der Muskeln und motorischen Nerven des Bulbus ab — ist eine sehr einfache. Man setzt die differente Elektrode am besten in halbeiförmiger, der Bulbus- und der Lidwölbung entsprechender Gestalt, gut mit weichem feuchten Leiter gepolstert direct auf die geschlossenen Augenlider auf und placirt die indifferente Elektrode für beiderseitige Reaction in den Nacken, für die Untersuchung einseitiger Erkrankungen, wo das Uebergehen von Stromschleifen auf das andere Auge möglichst vermieden werden muss, damit die an diesem Auge dann auftretende Reaction das Urtheil des Kranken nicht verwirrt, in die Schläfe oder hinter das Ohr der betreffenden Kopfhälfte. Regel ist, mit schwächsten Strömen zu beginnen und die Stromintensität sehr vorsichtig und ohne Unterbrechung durch Einschleichen zu steigern, bis die Reaction voll entwickelt ist. Bei der Beendigung des Versuches muss die Kette durch Ausschleichen des Stromes geöffnet werden.

Bei diesen subtilen Prüfungen ist die Anwendung guter Rheostaten ganz unentbehrlich. Die Steigerung der Stromstärke durch den Stromwähler ist eine für den Opticus viel zu grobe Procedur, da die Einschaltung jedes neuen Elementes eine schmerzhafte sensorielle Erregung hervorruft.

Die methodischen Grundlagen, von denen bei der Beurtheilung pathologischer Befunde auszugehen ist (soweit dieselben als rein subjective Phänomene nach dem Stande der Intelligenz und des Selbstbeobachtungsvermögens des Individuums Vertrauen verdienen), sind durch Brenner's treffliche Untersuchungen gegeben, auf deren eingehende Besprechung im ersten Theil dieses Werkes hier einfach verwiesen werden kann. Es handelt sich für uns einerseits um die Feststellung der quantitativen Opticuserregbarkeit, andererseits um die Eruirung qualitativer Abweichungen von der normalen Opticusformel. Zur Erreichung dieses Zweckes ist jedes Auge für sich und

jedes wiederum mit jedem Pole gesondert zu untersuchen. Man vermeide zu lange dauernde Prüfungen, da Ermüdung des Sehnerven sehr bald eintritt und das Resultat unzuverlässig macht.

Pathologische Befunde

liegen in ziemlicher Menge vor, indessen erhebt sich das bisher gesammelte Material nicht über die Bedeutung interessanter Casuistik und gestattet die Aufstellung allgemeiner Normen zur Zeit noch nicht. Ausser Brenner's Mittheilungen sind die Beobachtungen von Neftel[1]) zu erwähnen, welcher auf dem Boden der Brenner'schen Methode stehend, für einige der wichtigeren Augenerkrankungen die elektrischen Befunde festzustellen suchte.

Neftel unterscheidet nach seinen Beobachtungen zunächst eine elektrische Hyperästhesie des N. opticus, charakterisirt durch das Auftreten der galvanischen Reaction bei der Anwendung weniger Elemente, zweitens einen Torpor der Netzhaut, bei welchem eine elektrische Reaction überhaupt nicht, selbst nicht bei der Anwendung starker Ströme zu Stande kommt. Nach Neftel kommen bei vielen Versuchspersonen nur Licht-, aber keine Farbenerscheinungen zu Stande, was dafür spricht, dass beide verschiedenen Erregbarkeitszuständen ihre Entstehung verdanken.

Ausserdem fand Neftel bei Netzhautablösungen, Hemianopsien u. A. eine der Ausdehnung des krankhaften Processes entsprechende Abnahme oder gänzlichen Defect der galvanischen Farbenbilder und zwar, je nachdem An oder Ka auf das Auge zur Anwendung kam, in der hellblauen oder in der hellgrünen Scheibe; überhaupt constatirte Neftel eine durchgehende Congruenz der anatomischen Veränderungen mit den Anomalien der galvanischen Reaction.

Von Bedeutung für zukünftige Untersuchungen der Art ist die Arbeit von Barbara Tscherbatscheff[2]), welche bei Versuchen am eigenen Auge nach längerer Anwendung des galvanischen Stromes eine Ausdehnung des Gesichtsfeldes und eine Verschärfung des Far-

---

[1]) Archiv f. Psych. u. Nervenkr. Bd VIII. S. 409. 1878 und New-York med. Record. Bd. XVII. 1881.

[2]) Ueber die Wirkung des constanten Stromes auf das normale Auge. Dissert. Bern 1880.

bensinnes beobachtete. Diese Beobachtungen Tscherbatscheff's sind von Erhardt, wie weiter unten bei der Besprechung der Engelskjön'schen Theorie (s. Elektrotherapie) genauer ausgeführt werden wird, nicht nur bestätigt, sondern auch noch etwas erweitert.

Hierher gehört auch die der Bestätigung bedürftige Angabe von Neftel, dass bei Einwirkung der Ka eine Erhöhung, bei Einwirkung der An eine Herabsetzung des intraoculären Druckes statthabe.

Erb[1]) theilt unter Betonung der erheblichen Schwierigkeiten, welche bei einseitigen Erkrankungen die hohe Erregbarkeit des gesunden Auges der elektrischen Untersuchung darbiete, Beobachtungen mit, welche ebenfalls die innigen Beziehungen bestimmter Veränderungen der galvanischen Reaction zu den anatomischen Störungen im Sehorgan bekunden und auch eine prognostische Bedeutung gewisser Reactionen erwarten lassen.

Zunächst sind weitere Beobachtungen mit exacter Methode und an möglichst intelligenten Menschen angestellt, nothwendig, wenn es gelingen soll, gesicherte allgemeine Schlüsse aus der elektrischen Untersuchung des kranken Auges für die Diagnose und Prognose zu gewinnen. Zu der Erwartung ist man nach dem Vorliegenden jedenfalls berechtigt, dass wir auf diesem Wege noch wichtige Aufschlüsse erwarten dürfen.

B. Elektrodiagnostik des Gehörorgans.

Auch beim Gehörorgan spielt der Inductionsstrom keine Rolle, da er die specifische Energie des Acusticus zu erregen nur dann im Stande ist, wenn einzelne sehr starke Schliessungs- und Oeffnungsschläge in das Ohr geleitet werden, während der unterbrochene Strom als solcher dieses Resultat nicht hat. Um so bedeutender ist der Einfluss des galvanischen Stromes auf den Acusticus, besonders auf den hyperästhetischen Acusticus. Ich verweise auf die Besprechung der grundlegenden Untersuchungen zur Elektrophysiologie und -Pathologie des Gehörorgans von Brenner und seinen Nachfolgern im I. Theil dieses Buches und wende mich sofort zur Anwendung der trotz ablehnender Haltung mancher Physiologen und

---

[1]) Elektrother. S. 225; ferner Arch. f. Augen- u. Ohrenhlk. II. 1 1871 und D Arch. f. klin Med. VII S 246 1870.

Otiatern als gesetzmässig zu betrachtenden Normalformeln auf das kranke Ohr.

Die Methode der Untersuchung ist die gleiche wie bei der physiologischen Exploration. Das zu untersuchende Ohr wird, während die indifferente Elektrode auf dem Sternum oder im Nacken steht, mit der differenten „mittleren“ Elektrode der Art versehen, dass dieselbe vor dem Ohre aufgesetzt, auch den Tragus noch bedeckt und nach innen gedrückt wird, ohne den Gehörgang zu verschliessen. (Aeussere Versuchsanordnung Erb's.) Die Stromstärke wird langsam gesteigert, indem man ihn mittelst des in Nebenschliessung befindlichen Rheostaten einschleichen lässt, doch kommt man häufig nur durch starke Stromschwankungen nach vorangegangener An, am leichtesten, aber freilich nicht ohne ziemliche Erschütterungen, durch Volta'sche Alternativen zum Ziele.

Die Einsenkung der differenten Elektrode in den äusseren Gehörgang (innere Versuchsanordnung, Drahtelektrode im Hartgummitrichter), wie sie zuerst von Brenner angewendet wurde, ist wegen der Schmerzhaftigkeit und Umständlichkeit unpraktisch und heutzutage wohl ganz verlassen, nachdem sich gezeigt hat, dass die bequeme äussere Anordnung ebenso zuverlässige Resultate ergiebt, als die innere Versuchsanordnung.

Die bei Gesunden zur Erzeugung der normalen galvanischen Reaction nöthige, hohe Stromintensität erschwert die Untersuchung bei Gesunden sehr, da lebhafte Reizerscheinungen im Gebiete des Trigeminus, des Facialis, des Opticus, der Geschmacksnerven, dann elektrischer Schwindel etc. eintreten. Diese Erscheinungen fallen zwar bei Ohrenkranken nicht ganz weg, sind aber gewöhnlich sehr viel schwächer, weil die meist bestehende Hyperästhesie des Acusticus die Reindarstellung der Reactionsformel schon bei schwachen, mässig schmerzhaften Strömen gestattet. Schwierig und complicirt wird die Untersuchung bei ungleicher Affection beider Ohren, hochgradiger Hyperästhesie des einen, welche eine Anwendung höherer Stromstärken auf dem anderen Ohre durch das Auftreten der sogen. paradoxen Reaction erschwert. In solchen Fällen ist es zur Klärung der oft sehr verworrenen Angaben des Kranken zuweilen nöthig, den differenten Pol in zwei Elektroden von gleicher Grösse zu zerlegen, welche gleichzeitig auf beide Ohren placirt, die Unterschiede in der Reaction deutlicher hervortreten lassen, wenn bald die Ka, bald die An durch die Doppelelektrode auf beide Gehörapparate gleichzeitig einwirkt.

Man kann auch Ströme von verschiedener Dichtigkeit und dementsprechend verschieden starker physiologischer Wirkung je nach dem Bedürfnisse des Einzelfalles auf die beiden Ohren einleiten, indem man Elektrodenplatten von verschiedener Grösse anwendet. Selbstredend wird der schwächere Reizeffect an dem Ohr sich zeigen, wo die Elektrode mit grösserem Querschnitt, und der stärkere Effect an dem Ohr sich zeigen, wo die kleine Elektrode mit kleinerem Querschnitt steht, also die eintretenden Stromfäden die grössere Dichtigkeit besitzen.

Pathologische Befunde.

Veränderungen der normalen Reactionsformel sind bei Ohrenkranken ausserordentlich häufig, aber meist quantitativer Natur, insofern Steigerung der Acusticuserregbarkeit vorhanden ist. Allerdings sind wohl die meisten der vorliegenden Untersuchungen ohne Galvanometerbestimmungen vorgenommen, und sind demnach die bisher bekannten Thatsachen einer Revision mit genauen galvanometrischen Prüfungen bedürftig. Bei diesen Untersuchungen wäre auch der von Brenner zuerst beschriebene secundäre und tertiäre Erregbarkeitszuwachs durch die Einwirkung des galvanischen Stromes zu beachten.

Der gewöhnlichste Befund bei Ohrenkranken ist die Hyperästhesie des Acusticus. Die Normalformel ist bei einfach gesteigerter Erregbarkeit gewöhnlich erhalten, lässt sich aber schon mit sehr schwachen Stromstärken hervorrufen. Personen, welche an Erkrankungen des Mittelohres oder des Labyrinthes leiden, geben bei der galvanischen Prüfung die specifischen Klangsensationen mit einer solchen Bestimmtheit und Constanz an, dass an der Gesetzmässigkeit der Phänomene nicht zu zweifeln ist. Wenn die Physiologen und Otiatern sich der Frage der galvanischen Acusticusreaction gegenüber im Allgemeinen sehr reservirt verhalten[1]), so kann bei der Unzweideutigkeit und Constanz der Erscheinungen, wie sie nun doch durch eine Reihe respectabler Beobachter in gleicher Weise constatirt ist, nur Mangel an Sachkenntniss oder an der nöthigen technischen Uebung der Grund dieses Verhaltens sein. Von den Ohrenärzten sollte man

---

[1]) Vergl. Hensen, Physiol. des Gehörs in Hermann's Handbuch der Physiologie. Bd. III. 2. S. 126 — Schwartze, Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. I S. 144.

aber, meine ich, verlangen, dass sie sich diese Kenntniss und Uebung verschafften.

Die Brenner'sche Normalformel, welche bekanntlich lautet:

KaSKl	=	Deutlicher Klang.
KaDKl >	=	Klang allmälig verschwindend.
KaO AnS AnD	=	Keine Gehörssensation.
AOKl	=	Schwacher und kurzer Klang.

wird entweder unverändert, und zwar oft schon bei erstaunlich geringer Stromintensität producirt oder sie hat Veränderungen erfahren. Recapituliren wir hier, was oben bei der Berechnung der normalen Reaction hervorgehoben ist: dass bei langsamem Anschwellen des Stromes zuerst der KaSKl auftritt und der AnOKl erst bei weiterer Steigerung der Stromstärke erscheint; ferner, dass die Qualität der Klangempfindung eine sehr verschiedene sein kann, am häufigsten allerdings Klingen oft von musikalisch bestimmbarer Höhe und Klangfarbe, aber auch Zischen, Pfeifen, Rollen, Summen etc.

Die Alterationen der Normalformel zeigen sich bei der Hyperästhesie am häufigsten in der Weise, dass KaSKl ausserordentlich laut wird und während der ganzen KaD anhält (KaDKl∞), oder doch nur sehr langsam abklingt. Das so häufig die Hyperästhesie begleitende Ohrensausen wird durch den galvanischen Strom in der Weise beeinflusst, dass dasselbe durch KaS, KaD und AnO verstärkt und manchmal auch in seiner Klangfarbe verändert wird, während es durch AnS, AnD und KaO geschwächt oder aufgehoben wird. Doch kommen häufig Ausnahmen von dieser Regel vor.

Eine auf den ersten Blick auffallende Erscheinung ist die Reaction des nicht armirten Ohres im Sinne der indifferenten Elektrode, wenn diese in der Hand steht. (Brenner's paradoxe Reaction.) Das armirte Ohr kann hierbei entweder ebenfalls die Reaction der Hyperästhesie ergeben oder sich ganz stumm verhalten.

In dem ersten Falle kann man, wie ich mit Erb übereinstimmend beobachtete, nach Belieben bald auf dem einen, bald auf dem anderen Ohre die Klangphänomene hervorrufen, je nachdem man bei dieser oder bei jener Stromrichtung die Kette öffnet oder schliesst. Die Präcision und Promptheit der Angaben der Patienten sind geradezu überraschend. Die Erscheinungen sind genau so, als wenn jedes Ohr mit einem Pol armirt ist. Die Eigenthümlichkeit der Paradoxie des

Phänomens verschwindet, wie Erb ganz richtig bemerkt, wenn man überlegt, dass sämmtliche Stromschleifen sich im Halsquerschnitt sammeln müssen, um zur indifferenten Elektrode zu gelangen, dass also die physiologische Wirkung dieselbe sein muss, wie wenn die indifferente Elektrode anstatt in der Hand oder am Sternum am Halsquerschnitt sich befände. Das nicht armirte Ohr befindet sich aber dem Halsquerschnitt absolut näher als dem armirten Ohre und wird deshalb vermöge seiner hochgesteigerten Erregbarkeit von den immerhin geringen Stromschleifen im Sinne der indifferenten Elektrode erregt. Untersucht man in Fällen mit paradoxer Reaction gleichzeitig beide Ohren mit einem in zwei Elektroden auslaufenden Pole, während die indifferente Elektrode auf dem Sternum steht, so reagiren sie auch beide vollkommen übereinstimmend (Erb).

Weitere qualitative Alterationen der Normalformel bestehen in dem Hinzutreten normaler Klangsensationen zu den gesetzmässigen der Normalreaction, nämlich AnSKl und AnDKl, zuletzt auch noch KaOKl. Diese Klangsensationen können von denen der Normalreaction verschieden sein, sie können an Stärke und Helligkeit zunehmen, daneben kann KaSKl und AnSKl abnehmen bis zum schliesslichen Verschwinden: völlige Umkehr der Normalformel. Diese Reactionsformen finden sich, wie es scheint, vorwiegend bei schweren und veralteten Gehörleiden, kommen überhaupt selten zur Beobachtung. Auch ein allmäliges Sinken der Reaction bis zum Aufhören aller galvanischer Reizphänomene (Torpor des Acusticus nach Brenner) kommt bei schweren Erkrankungen des Mittelohres und des Labyrinthes zur Erscheinung. Ich fand dieses absolute Fehlen der Acusticusreaction mehrmals bei Untersuchung von erwachsenen, durch Meningitis cerebrospinalis epidemica taub gewordenen Personen.

Eine durchschlagende, praktische Bedeutung für die Diagnose und Prognose der Gehörleiden hat die galvanische Exploration bisher noch nicht in dem Maasse gewonnen, wie es nach der Exactheit der Methode und nach der auf diese Untersuchungen Seitens der Elektriker verwandten Mühe und Arbeit erwartet werden durfte.

Es handelt sich doch vorwiegend um den Nachweis der Hyperästhesie des Acusticus als Ausdruck einer peripheren oder centralen Erkrankung des Hörnerven, zuweilen mit Betheiligung des Facialis, seltener mit Augenmuskellähmungen und Accommodationsstörungen.

Prognostisch ist nach Brenner beim Ohrensausen das Fehlen der Hyperästhesiereaction, also das Normalverhalten des Gehörapparates

gegen den galvanischen Strom in günstigem Sinne zu deuten, insofern solche Fälle von Ohrensausen, bei denen eine Hyperästhesiereaction nicht besteht, der Galvanotherapie sehr zugänglich sind.

Weitere Untersuchungen und Beobachtungen an grossem Krankenmaterial, besonders auch Seitens der Ohrenärzte, wenn dieselben mit der Technik der galvanischen Untersuchung vollkommen vertraut sind, wären äusserst wünchenswerth und würden voraussichtlich die praktische Bedeutung dieser Explorationsmethode erheblich steigern.

C. Elektrodiagnostik des Geschmacksorgans.

Das Verhalten der Geschmacksnerven und des Geschmackscentrums gegen den elektrischen Strom ist schon unter physiologischen Verhältnissen wenig studirt, für pathologische Zustände fast gar nicht untersucht. Der Grund hierfür liegt wohl weniger in Schwierigkeiten der Methode, als in der geringen Dignität der Geschmacksstörungen, welche ebenso, wie die Störungen der Geruchsthätigkeit, vom Kranken wie vom Arzte einer geringeren Aufmerksamkeit gewürdigt werden. Es ist das nur zu bedauern, da diese Störungen nicht blos ein grosses, theoretisches Interesse erwecken, sondern auch sicher manche für die Diagnostik cerebraler Störungen werthvolle Anhaltspunkte bieten würden.

Die Methode der elektrischen Geschmacksprüfung geschieht nach der polaren Methode mittelst einer an einem Halter befestigten, mit feuchten Leitern überzogenen feinen Elektrode oder mittelst der Neumann'schen Doppelelektrode mit metallischen Endknöpfen[1]. Mit dieser kleinen Elektrode, die man sich mittelst übersponnenen Drahtes, den man in eine gebogene Glasröhre einsenkt und mittelst Kork und Siegellack befestigt, selbst anfertigen und die man mit 2—3 Elementen verbinden kann, ist man im Stande, die physiologische Leistung des Geschmacksnerven und die Grösse und Ausdehnung pathologischer Störungen sehr bequem nachzuweisen, indem man das ganze Gebiet des Geschmacksorgans durchprüft.

[1]) Königsberg. med. Jahrbücher. IV. 1864.

Pathologische Befunde.

Die elektrische Geschmackssinnsprüfung hat bisher nur quantitative Abweichungen vom Normalen ergeben und zwar:

Gesteigerte Erregbarkeit der elektrischen Geschmacksempfindung, welche, wie es scheint, in der Breite der Gesundheit unter gleichen Verhältnissen und bei denselben erregbaren Naturen mit dünner Epidermis eintritt, bei denen auch die hohe Erregbarkeit des Sehnerven gefunden wird und oft schon bei der Aufstellung der Elektrode am Halse, ja selbst an Brust und Rücken auftritt.

Herabsetzung der elektrischen Geschmackswahrnehmung bis zum gänzlichen Erlöschen ist beobachtet worden bei centralen und peripherischen Erkrankungen des Trigeminus, bei Leitungslähmungen des N. facialis mit Betheiligung der Chorda tympani, dann auch bei manchen Affectionen des Gehirns, z. B. der Hemianaesthesia hysterica mit Betheiligung der Sinnesorgane. Indessen diese Untersuchungen sind wohl grossentheils ohne exacte Galvanometerprüfung vorgenommen und bedürfen deshalb einer Revision. Einer Prüfung bedarf hierbei auch der Vorschlag Eulenburg's[1]), zur Diagnose einer peripherischen Leitungslähmung des Geschmacksnerven die bei directer Prüfung der Geschmacksendorgane festgestellte Ageusie einerseits und die gleichzeitig nachweisbare Integrität der durch Galvanisation des Nackens zu erzielenden centralen Geschmackserregung zu verwerthen.

Eine Elektrodiagnostik des Geruchsorgans

existirt zur Zeit noch nicht, indessen steht nach des Feststellung des elektrophysiologischen Verhaltens des Geruchsnerven resp. der Reactionsformel desselben durch Aronsohn (Remak), welche oben besprochen ist, zu erwarten, dass bald auch pathologische Befunde constatirt werden und damit der Anfang zu einer Elektrodiagnostik des Geruchsorgans gemacht werde.

---

[1]) Lehrbuch der Nervenkrankh. II. Aufl. S. 133. 1878.

III.

ELEKTROTHERAPIE.



Allgemeiner Theil.

Das Gebiet, auf dem die Elektricität als Heilagens zur Anwendung kommt, liegt heutzutage innerhalb ziemlich scharfer Grenzen. Auf dem Gebiete der inneren Medicin umfasst es die Krankheiten des Nervensystems, der Sinnesorgane, dann theilweise die des Bewegungsapparates und der drüsigen Organe. In der Chirurgie hat sie sich durch ihre thermischen und chemischen Wirkungen Bürgerrecht erworben. Die Geburtshilfe endlich und die Gynäkologie hat von den physiologischen und physikalischen Wirkungen der Elektricität am wenigsten Gebrauch gemacht, wie dies ja auch in der Natur der Sache begründet ist.

Im Nachstehenden ist nur auf die Bedürfnisse der inneren Medicin Rücksicht genommen. Die Lehre von den Indicationen und Methoden der Anwendung der Galvanokaustik und der Elektrolyse in der Chirurgie, sowie der Elektricitätsanwendung in der Geburtshilfe überlasse ich der Feder der Fachmänner, welche auf diesem Gebiete mehr Erfahrung haben als ich. Arbeitstheilung ist auch hier geboten.

Die Elektrotherapie der sog. inneren Krankheiten ist durch die fortschreitende Ausbildung der Methoden und die Vervollkommnung des Instrumentariums mit der Zeit eine ziemlich complicirte Materie geworden, welche, wenn sie im Interesse der Kranken richtig verwerthet werden soll, ein eingehendes Studium derselben sowohl in theoretischer als in praktischer Hinsicht voraussetzt. Nirgends in der gesammten Therapie bestätigt sich die Erfahrung mehr als in der Elektrotherapie, dass es nicht blos darauf ankommt, dass ein Heilagens angewendet werde, sondern mehr noch darauf, wie es angewendet wird. Vor Allem müssen wir das Ziel im Auge behalten, die Anwendung der Elektricität gleich der der übrigen physikalischen

Heilmittel allmälig mehr und mehr von dem Specialistenwesen loszulösen .und dieses wichtige und vielseitige Heilagens zu einem Gemeingut der ärztlichen Berufsthätigkeit zu machen. Irren wir nicht, so ist die Elektrotherapie diesem Ziele in dem letzten Decennium viel näher gerückt. Unsere Zeit ist ja der Ausbildung und Einbürgerung der physikalischen Heilmittel überhaupt sehr günstig; die Aufmerksamkeit, welche die wissenschaftlichen Lehrkörper an den Universitäten der Elektricitätslehre widmen und ebenso der Eifer, mit dem die junge Generation der Aerzte sich dem Studium dieser Disciplin hingiebt, bürgt dafür, dass ihre Anwendung bald eine allgemeine und vollkommnere sein wird.

Was die Anwendung der Elektricität von heute vor der Elektrotherapie der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts voraus hat, das ist nicht ein besserer Einblick in die Wirkungsweise des elektrischen Stromes, nicht eine wissenschaftliche Therapie im eigentlichen Sinne: die heutige Elektrotherapie ruht nach wie vor durchaus auf empirischer Grundlage. Der grosse Fortschritt, den die Lehre von der Anwendung der Elektricität in der praktischen Medicin während der letzten Decennien gemacht hat, besteht vielmehr in der wissenschaftlichen Methode des Studiums der Phänomene, welche die Elektricität am Menschen wie beim Thierexperiment hervorruft, in der Ausbildung wissenschaftlicher Methoden zur Untersuchung und zur Beobachtung der Erfolge bei Anwendung des elektrischen Stromes am Krankenbett. Auf Grund der vervollkommneten Methoden und technischen Fortschritte ist neuerdings die Möglichkeit gegeben, die im Einzelfalle angewendete Stromstärke wenigstens für den galvanischen Strom exact ziffermässig anzugeben, und erst damit ist das Feld für gleichmässiges Handeln und vergleichbare Beobachtungen geebnet.

Es handelt sich vor Allem jetzt darum, festzustellen, unter welchen Umständen die Elektricität von Nutzen ist und unter welchen Indicationen und nach welchen Methoden das Agens anzuwenden ist, um einen bestimmten Erfolg zu erzielen. Die bedeutende Entwickelung der Neuropathologie und Neurodiagnostik, welche unsere Tage gesehen haben und welche nicht zum geringsten Theile durch das Aufblühen der medicinischen Elektricität angeregt ist, hat die Wege für die Elektrotherapie geebnet: die Krankheitsbilder sind schärfer gezeichnet, die anatomischen Veränderungen, welche denselben zu

Grunde liegen, sind besser gekannt als früher, und exacte Methoden gestatten bereits vielfach, Besserung oder Verschlechterung des Zustandes zu erkennen und ziffermässig zu registriren.

Trotzdem befinden wir uns immer noch grossen Schwierigkeiten in der Beurtheilung von Heilerfolgen gegenüber, vor Allem, wenn das subjective Gefühl der Kranken über dieselben zu entscheiden hat. Ueberall, wo die Gemeingefühle der Kranken eine Rolle spielen, wie bei Hysterie, Neurasthenie, bei Neuralgien, Parästhesien etc. ist die Beurtheilung der Heilerfolge ungemein erschwert durch den Einfluss, welchen das jeweilige Vertrauen des Kranken, welchen augenblickliche Stimmungen, äussere Verhältnisse etc. auf das Urtheil der Kranken über ihr Befinden üben. Hierzu gesellt sich häufig eine weitere, nicht zu unterschätzende Schwierigkeit für die schliessliche Beurtheilung eines Heilerfolges, nämlich die, dass die Patienten bei länger währender Behandlung chronischer Nervenkrankheiten in ihrem Vertrauen leicht wankend werden und von einem Arzte zum anderen gehen. Sie verschwinden einfach aus der Beobachtung oder motiviren ihren Austritt aus der Behandlung mit der Angabe, dass sie geheilt oder erheblich gebessert seien.

Ich kann mich in Erwägung dieser Schwierigkeiten und der mir zu Gebote stehenden Erfahrung eines gewissen Misstrauens gegen die massenhaften Heilungen von Nervenkrankheiten, besonders von centralen Erkrankungen, über welche aus den Anstalten oder Ambulatorien von Specialisten für Nervenkrankheiten berichtet wird, nicht erwehren. Wie häufig sieht der Kliniker als Consiliarius und als Abtheilungsvorstand Kranke, welche aus der Behandlung von Specialisten oder praktischen Aerzten als „geheilt" oder „gebessert" entlassen worden sind, ohne dass re vera ihr Zustand eine wesentliche Veränderung erfahren hat! Passirt es doch Specialisten auf diesem Gebiete selbst, dass sie über Kranke, welche sie vor Zeiten als geheilt entlassen haben, von deren Angehörigen oder Bekannten hören, dass die Heilung resp. Besserung nur „kurze Zeit gewährt habe", dass die Kranken sich dann an einen anderen Arzt oder Specialisten gewendet hätten.

Diese Schwierigkeit, den Erfolg einer elektrotherapeutischen Behandlung festzustellen, wird erhöht durch die ambulatorische Art der Behandlung vieler Kategorien von Nervenkranken. Hier ist einer Trübung der Beobachtung seitens der Patienten Thür und Thor geöffnet. Manche bedienen sich neben der elektrischen Behandlung

heimlich verschiedener von anderen Aerzten verordneter Heilmittel, gebrauchen nebenher Kaltwasserkuren, Massage, sog. thierischen Magnetismus u. dgl. Je nachdem das Vertrauen zum elektrischen Strom durch scheinbare Erfolge oder Misserfolge, durch Rathschläge guter Freunde etc. gehoben oder herabgedrückt wird, kommen solche Kranke regelmässig oder unregelmässig zu den Specialisten, bis sie endlich mit oder ohne Grund verschwinden. Es bleibt dann unentschieden, ob der Kranke überhaupt gebessert oder gar geheilt war, und ob, wenn letzteres wirklich der Fall war, nicht Recidive eintraten.

Jeder erfahrene Arzt und Kliniker wird mir zustimmen, wenn ich behaupte, dass die Kategorie der unzuverlässigen Kranken, welche je nach ihrer augenblicklichen Stimmung oder auf Grund von Laienempfehlungen von einem Arzt zum anderen gehen, Homöopathen, Magnetiseure und Pfuscher neben der ärztlichen Behandlung gebrauchen, eine unglaublich grosse ist und durch alle Schichten der menschlichen Gesellschaft und nicht am wenigsten in den sogenannten gebildeten Klassen verbreitet ist. Auch der tüchtigste und objectivste Specialist ist diesen Schwierigkeiten gegenüber ausser Stande, sich vor Täuschungen zu schützen und er wird deshalb im Allgemeinen seine therapeutischen Erfolge höher anzuschlagen geneigt sein, als sie es in der That sind. Der Kliniker aber, der das Leben und Treiben der Menschen in allen Schichten der Bevölkerung ganz objectiv zu beobachten und zu verfolgen Gelegenheit hat, verfällt eher in das Gegentheil des therapeutischen Optimismus der Specialisten — in einen in dem Maasse vielleicht nicht berechtigten Pessimismus.

Ich kann mich von einer solchen pessimistischen Neigung nicht freisprechen. Eine nahezu dreissigjährige Beschäftigung mit der medicinischen Elektricität hat mir ein grosses Beobachtungsmaterial aus der klinischen und privaten Praxis zugeführt, welches mir wohl ein Urtheil über diese Frage gestattet. Ich will es mir indessen gerne gefallen lassen, in diesem oder jenem Punkte eines Besseren belehrt zu werden. Der Sache aber, deren Förderung uns allen am Herzen liegt, wird es kaum schaden, wenn einmal wieder zur Vorsicht und Zurückhaltung gemahnt wird, und die neuerdings ziemlich hoch gespannten Erwartungen von der Heilkraft der Elektricität etwas herabgestimmt werden.

Elektrotherapeutische Methoden.

Die localisirte Elektrisation.

Die Wirksamkeit des elektrischen Stromes ist wie die der meisten chemischen und physikalischen Agentien bei unmittelbarer Einwirkung auf das erkrankte Organ am grössten. Dass eine solche directe Einwirkung der Elektricität auf den Locus affectus möglich ist, verdanken wir Duchenne's Methode der Localisirung des Stromes: sie ist die Grundlage der ganzen wissenschaftlichen Elektrotherapie von heute. Ohne die Möglichkeit, den Strom auf die unter der Haut, ja selbst in der Tiefe gelegenen Organe zu localisiren, läge die Elektrotherapie heute noch in den Windeln.

Um den Strom so energisch als möglich auf den Locus affectus s. dolens wirken zu lassen, ist es zweckmässig, den Strom möglichst in ganzem Umfange der Läsion einwirken zu lassen, mit einem Worte, den Elektroden eine Grösse und Form zu geben, welche der Grösse und Ausdehnung der Störung entspricht. Grösse und Form der Elektroden ist von diesem Gesichtspunkte aus in meinen Händen allmälig sehr mannigfaltig geworden, und das Instrumentarium meiner Klinik enthält heute Dutzende von Elektrodenplatten in allen Grössen und Formen, von den kleinsten Knöpfen bis zu halbmeterlangen geraden oder gekrümmten Platten, dann Rinnen, balkenförmige und halbkugelförmige Contactflächen. Die grösseren Platten besitzen eine solche Biegsamkeit, dass man sie mit Leichtigkeit je nach der Indication des Einzelfalles in die verschiedensten Formen bringen kann. So z. B. benutzte ich zu der Elektrisation des Magens und anderer umfangreicher Eingeweide biegsame Platten von 20—30 cm Länge und 15—20 cm Breite, welchen man eine solche Biegung giebt, dass sie sich der Körperoberfläche an der betreffenden Stelle innig anschmiegen. Für die Extremitäten empfehle ich rinnenförmige Platten, welche man derart biegen kann, dass sie die ganze oder halbe Extre-

mität, den Ober- oder Unterarm, den Ober- oder Unterschenkel etc. rinnenförmig umfassen. Solche rinnenförmige Platten von 40—50 cm Länge und 8—10 cm Breite verwende ich z. B. bei Neuritis N. ulnaris, mediani, ischiadici, bei atrophischen Lähmungen u. s. w. Bei Gelenkaffectionen gebe ich den Elektrodenplatten eine solche Krümmung, dass beide zusammen nahezu das ganze Gelenk bedecken.

Wenn wir erwägen, dass die Quantität des auf den Nerven, den Muskel oder das betreffende Organ einwirkenden Stromes mit der Grösse der Contactfläche wächst und die Schmerzhaftigkeit des Verfahrens in gleichem Verhältniss abnimmt, wenn wir ferner erwägen, dass der Strom mit grossem Elektrodenquerschnitt eintretend viel gleichmässiger und allseitiger auf das kranke Organ einwirkt, als wenn derselbe, von einer kleinen Platte austretend, nur an der Stelle des Eintritts eine grosse, an den übrigen Regionen des Organs aber eine unendlich viel geringere Dichtigkeit besitzt, so leuchtet es sofort ein, dass die therapeutische Wirkung bei grossen Platten eine erheblich vollständigere und zugleich angenehmere sein muss, als wenn die Einleitung mit dem kleinen Knopf oder der zollgrossen Platte geschieht, welche die Fabrikanten ihren Apparaten beizugeben pflegen. Eigentlich sollte Grösse und Form der Elektrodenplatten für jeden Einzelfall besonders festgestellt werden. Allerdings giebt es viele Zustände, bei denen man mit der herkömmlichen Form und Grösse auskommt. Wenn Erb gewisse Normalgrössen der Platten vorschlägt, so hat dies im Interesse der Herbeiführung einheitlicher Methoden mit vergleichbaren Resultaten seine volle Berechtigung. Gerade um genaue und vergleichbare Ausschläge am Galvanometer zu erhalten, ist, wie oben angeführt wurde, die Angabe der Grösse und Beschaffenheit der Contactflächen unbedingt nothwendig. Wo es sich also um wissenschaftlich genaue oder doch möglichst genaue diagnostische Untersuchungen handelt, ist die Benutzung der Erb'schen oder Stintzing'schen Normalgrössen oder doch wenigstens von Elektroden mit bestimmtem Flächenmaasse unbedingt geboten.

Hier möchte ich gegenüber den neuesten Vorschlägen von E. Remak (Neurolog. Centralbl., No. 6, 1886) bemerken, dass, so zweckmässig die Einführung einheitlicher Flächenmaasse nach dem Decimalsystem ist, so wenig empfehlenswerth die Angaben nach „absoluter Stromdichte“ sind, da die Werthe, physiologisch betrachtet, eben doch keine absoluten sind. Es ist, wie Stintzing (Elektrodiagnostische Grenzwerthe) nachgewiesen hat, nicht dasselbe, ob man mit

$\frac{1,0 \text{ Milliampères}}{10 \text{ Qu.-cm}}$ galvanisirt, oder mit einer beliebigen Multiplication, z. B. mit $\frac{2,0 \text{ Milliampères}}{20 \text{ Qu.-cm}}$. Rechnerisch sind beide Werthe gleich (= 0,1), aber physiologisch keineswegs. Es erscheint also hiernach die Bezeichnung der Stromdichte nach Milliampères und Flächenmaassen in Form des Müller'schen Bruches am zweckmässigsten.

Es sei übrigens an dieser Stelle noch einmal hervorgehoben, dass Parchent und Leinwand als alleiniger Ueberzug der Metallplatten nicht genügend erscheinen, sondern dass ich die Platten mit wasseransaugendem Schwamme oder Filz und erst darüber mit Leinwand beziehen lasse. Die Lage von Badeschwamm oder Filz muss bis zum Rand der Platte reichen und hier separat befestigt werden, so dass man den Leinwandüberzug, den man ja im Interesse der Sauberkeit öfter erneuern muss als die innere Lage, abnehmen und neu anlegen kann, ohne jedesmal auch den Filz erneuern zu müssen.

Die Einleitung des elektrischen Stromes in Körperhöhlen und -Kanäle involvirt die Anwendung dementsprechender Elektroden, wie sie im I. Theil bei den Nebenapparaten für Mastdarm, Urethra etc. beschrieben sind. Bei der Application des Stromes auf Pharynx, Oesophagus und Larynx kann man eine feuchte Schwammumhüllung der betreffenden Elektrodenknöpfe verwenden. In Blase, Mastdarm, Uterus kann man aber selbstverständlich nur glatte Metallknöpfe ohne Ueberzug einschieben. Letzteres kann auch ohne Bedenken geschehen. Zu starke Reizung der Schleimhaut kann man bei Anwendung des Inductionsstromes durch Hin- und Herschieben der Elektroden, sowie durch An- und Abschwellen der Ströme vermeiden, und die chemischen Wirkungen der Pole des constanten Stromes, speciell die Verätzungen durch die auf elektrolytischem Wege aus dem Blutserum freiwerdenden kaustischen Alkalien an der Ka kann man einerseits durch kurze Schliessungen des Stromes im metallischen Theile des Apparates, andererseits durch Stromwendungen verhüten. Bei der gleichzeitigen Einführung der Mastdarm- und der Harnröhrenelektrode (bei Impotenz, bei spinaler Parese von Blase und Mastdarm) ist ja gewöhnlich die erregende Wirkung des Stromes beabsichtigt, daher denn auch fortwährende Schwankungen der Stromdichte durch Schliessen und Oeffnen der Kette, sowie durch Commutation durchaus zweckentsprechend sind. Es ist selbstverständ-

lich, dass man die Elektroden bei offener Kette einführt und die letztere erst schliesst, wenn die Elektroden an Ort und Stelle placirt sind. Unter diesen Cautelen habe ich nie eine nennenswerthe entzündliche Reizung oder chemische Wirkung des Stromes beobachtet. Diese Umstände sind bei der Anwendung des Stromes in Harnröhre, Blase und Mastdarm natürlich von entscheidender Bedeutung; denn wer fürchten muss, die Schleimhaut der Harnröhre, der Blase, des Uterus, des Mastdarmes zu verätzen, wird sicher von vorneherein davon absehen, ein so bedenkliches Verfahren anzuwenden, um so mehr, als von mancher Seite aus theoretischen Bedenken betreffs der zu befürchtenden Nachtheile für die Schleimhaut vor der Procedur gewarnt wird. Würde man solchen Abmahnungen Gehör geben, so würde man sich bei paralytischen Zuständen der Blase, des Mastdarmes, bei Impotenz, Hypertrophie der Prostata etc. eines sehr wichtigen Heilagens berauben, welches gerade an diesen Organen durch kein anderes ersetzt werden kann.

Die Application des Stromes geschieht entweder stabil oder labil. Diese von R. Remak vorgeschlagenen Bezeichnungen, die sich in der Fachliteratur allerseits eingebürgert haben, geben an, ob die Elektroden ruhig an derselben Stelle gehalten werden, oder ob sie auf der Oberfläche hin- und herbewegt werden. Im ersten Falle ist eine locale Polwirkung am ehesten zu erwarten. Dagegen ist bei labiler Anwendung, wo die Regionen der Nerven, Gefässe, Muskeln etc., an denen der Strom angreift, fortwährend wechseln, auch eine centripetale und reflectorische Wirkung wahrscheinlich.

Nothwendig für die Beurtheilung sind ferner Angaben darüber, ob bei stabiler Anwendung des Stromes Unterbrechungen desselben oder Stromwendungen zur Anwendung kommen. Physiologisch stellen beide hervorragende Reizmomente dar, welche von der Wirkung des stabil fliessenden Stromes weit verschieden sind. Es wäre also im Falle der Anwendung solcher Modificationen nothwendig, zu sagen: stabil mit Unterbrechungen oder stabil mit Voltaschen Alternativen.

Die Application feuchter Elektrodenplatten gestattet dem Strom, durch Epidermis und Cutis in grosser Dichte auf die tieferliegenden Organe einzudringen. Dagegen wird der Strom bei der Anwendung trockener Elektroden, besonders der aus Metallfäden bestehenden runden und breiten Pinsel und Bürsten, mehr auf die Haut localisirt und erzielt dementsprechend vorwiegend eine Oberflächenwirkung,

d. h. eine Wirkung auf die Gefässe und Drüsen der Haut sowie auf die sensiblen Hautnerven und ihre Endapparate. Die elektrische Reizung der peripheren sensiblen Sphäre wirkt centripetal erregend auf die Centralapparate des Nervensystems und wahrscheinlich auch weiter reflectorisch auf die Innervation des Bewegungsapparates und der inneren Organe. In beiden Richtungen wird wieder die Flächenausdehnung des Erregungsrayons sehr wesentlich massgebend sein für die Grösse der Wirkung. Bei den feuchten Elektroden muss, da die Quantität des zur Wirkung kommenden Stromes abhängt von der Grösse des Elektrodenquerschnittes, die Gesammtwirkung auf das Organ (selbstredend bei genügender Stromstärke) um so grösser sein, je grösser die Platte ist. Bei der Application trockener Elektroden ist ceteris paribus die Extensität der Reizung (bei entsprechender Stromstärke) massgebend für die Grösse der centripetalen Erregung der nervösen Centralorgane.

Aus diesen Grundprincipien ergiebt sich die Indication für die im Einzelfalle zu wählende Methode der Elektrisirung. Je umfangreicher die zu elektrisirenden Organe sind, um so grösser muss man die feuchten Platten wählen. Zur Galvanisirung des Gehirns, des Magens, des Darmes, eines ganzen Nervenstammes, besonders an den Extremitäten, grösserer Muskelmassen, z. B. des M. quadriceps femoris, der Wadenmuskulatur u. A., muss man sich der grossen, das ganze Gebiet möglichst deckenden Platten bedienen. Ganz anders stellt sich natürlich die Indication, wenn man beabsichtigt, einen Nervenstamm an einem bestimmten Punkte oder einen einzelnen kleinen Muskel gesondert zu diagnostischen oder therapeutischen Zwecken zu elektrisiren: hier sind die kleinen Knöpfe oder Platten an ihrer Stelle, da sie die genaueste Localisation gestatten und zugleich (besonders wenn die indifferente Elektrode gross ist) die nöthige Dichtigkeit für einen ganz bestimmten Reizeffect erhalten. Andererseits die Behandlung mit trockenen Elektroden: Handelt es sich darum, eine circumscripte Anästhesie der Haut zu behandeln, so genügt meist eine trockene Behandlung der betreffenden anästhetischen Hautpartien. Soll dagegen auf die Centra der Innervation und der Circulation erregend oder modificirend eingewirkt werden, so ist eine möglichst ausgedehnte Reizung der Haut mit breiten Metallpinseln oder Bürsten, sowie die allgemeine Faradisation und Galvanisation, endlich das elektrische Bad angezeigt. Vielleicht eignet sich auch die allgemeine Franklinisation für manche Zwecke der Art.

Die allgemeine Elektrisation.

Die Methode der allgemeinen Faradisation und Galvanisation nach Beard und Rockwell[1]) besteht in Folgendem: Einleitung der Ka des Oeffnungsinductionsstromes resp. des galvanischen Stromes an den Füssen, indem beide Fusssohlen nackt auf eine grosse, gewärmte, angefeuchtete Kupferplatte (Ka) gesetzt werden, während die An in Form einer breiten und dicken, mit Schwamm überpolsterten Knopfelektrode oder mittelst der angefeuchteten rechten Hand des Arztes (der sich zu dem Behuf natürlich durch Erfassen der Schwammelektrode mit der anderen Hand in den Stromkreis einschalten muss) über Kopf, Brust, Rücken etc. unter kräftigem Druck heruntergeführt wird.

Der Inductionsstrom soll sehr kräftig sein und energische Contractionen in den oberflächlich gelegenen Muskeln hervorrufen. Man beginnt die Application der differenten Elektrode am Kopfe, dessen verschiedene Regionen mit der nöthigen Vorsicht (besonders bei der Galvanisirung) überfahren werden, nimmt dann unter Steigerung der Stromstärke den Rücken, die Brust, Bauch u. s. w. in die Arbeit. Dauer ca. 10—20 Minuten. Häufigkeit der Sitzungen 2—4 in der Woche.

Die centrale Galvanisation Beard's[2]) ist nur eine Abart der allgemeinen Galvanisation, indem hier die Kathode in Form einer grossen Platte auf das Epigastrium applicirt wird, während die Anode am Kopfe und am Halse beiderseits, dann längs der Wirbelsäule langsam auf- und abgeführt wird. Strom nur schwach, Dauer im Ganzen ca. 5—15 Minuten.

Endlich haben Beard und Rockwell[3]) den constanten und den faradischen Strom gleichzeitig zur allgemeinen wie zur localen Elektrisation benutzt und dieser Methode den Namen General-Galvano-Faradization beigelegt.

Die Kupferfussplatte nimmt am einen Ende die Ka des con-

---

[1]) A pract. treatise on the med. and surg. uses of Electricity including localized and general electrization. New-York 1871.

[2]) Philad. med. and Report. 1874. March 7.

[3]) Treatise etc. S. 157 u. 187 ff.

stanten Stromes und am anderen Ende die Ka des Oeffnungsinductionsstromes auf. Die Anoden der beiden Ströme werden neben einander auf der Haut aufgestellt resp. verschoben.

Einen besonderen localen oder allgemeinen Vorzug der Galvanofaradisation vor der einfachen Galvanisation oder Faradisation vermochten Beard und Rockwell allerdings bis jetzt nicht zu constatiren, dagegen wollen de Watteville und Stein[1]) mit der Faradogalvanisation Erfolge erzielt haben, welche jeder einzelne Strom für sich wenigstens mit der Schnelligkeit zu erzielen nicht geeignet wäre. Stein hat zur Application der combinirten Ströme Doppelelektroden construirt, deren zwei gleichzeitig zur Verwendung kommen.

Es muss zunächst dahingestellt bleiben, ob diese Erfahrungen von anderer Seite Bestätigung finden werden. Eine experimentelle Prüfung der Frage, ob und inwieweit sich die beiden Stromarten bei gleichzeitiger, in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung erfolgender Application in ihren Wirkungen in positivem oder negativem Sinne beeinflussen, wäre abgesehen vom rein therapeutischen auch schon vom theoretischen Gesichtspunkte aus von Interesse.

Indicationen für die allgemeine Faradisation und Galvanisation bietet das grosse Heer der allgemeinen Störungen der Innervation und der Ernährung, vor Allem die diffusen Neurosen mit dem Charakter der gesteigerten Erregbarkeit und der functionellen Schwäche. Hysterie und Neurasthenie liefern die weitaus grösste Mehrzahl der Patienten für diese Behandlungsmethode. Die Wirkung ist nach unserer Erfahrung eine meist günstige, oft sogar ausgezeichnete, aber leider selten dauernde. Als Primärwirkung am hervortretendsten ist das Gefühl des allgemeinen Wohlbehagens, wie es nach jeder kräftigen Erregung der gesammten peripherischen Nervenausbreitung (kühlen Soolbädern, Seebädern, Kohlensäurebädern) zur Erscheinung kommt. Dann folgt aber auch je nach der Stärke der vorangegangenen Muskelerregungen häufig eine beträchtliche Muskelempfindlichkeit etc.

Beard und Rockwell unterscheiden drei Klassen der Wirkungen:

1) Primäre oder stimulirende Wirkung: Erfrischung, Schmerznachlass, Schlafbedürfniss, Alles nicht constant; wohl aber

[1]) Neurolog. Centralbl. 1882. Bd. 12

auch Zittern der Beine, Kälte der Hände und Füsse u. A., sogleich nach der Procedur eintretend.

2) Secundäre oder reactive Wirkungen: 1 oder 2 Tage nach der Procedur zu beobachten (Muskelschmerz, Nervosität, Kopfschmerz, Steigerung örtlicher Symptome etc.).

3) Permanente oder tonische Wirkungen: Besserung des Schlafes, des Appetits, der Verdauung, des Stuhls, der Muskelthätigkeit unter Volumszunahme der Muskeln, der geistigen Arbeitsleistung, der gemüthlichen Stimmung, des Körpergewichts etc.

Zur Erzielung dieses Effects geben Beard und Rockwell der allgemeinen Faradisation den Vorzug vor der Galvanisation, welch letztere viel häufiger die unangenehmeren unter den reactiven Wirkungen nach sich ziehen soll, als die erstere.

Die Ursachen der Heilwirkung sind nach Beard's und Rockwell's Anschauung die Beeinflussung des gesammten centralen Nervensystems durch den Strom und die Production kräftiger Contractionen der Muskeln nicht blos der oberflächlichen, sondern auch der tiefer gelegenen, auch der glatten Muskelmembranen in Brust und Bauch.

Die sog. centrale Galvanisation Beard's soll ihre Wirkungen auf das centrale Nervensystem concentriren, sie findet ihre Stelle hauptsächlich bei den allgemeinen Functionsstörungen des Nervensystems und hier wieder in erster Reihe bei Hysterien und Neurasthenien, bei Erschöpfungszuständen des Nervensystems als Folgen sexueller Excesse, körperlicher und geistiger Ueberanstrengung, wie sie in Nordamerika so enorm häufig sind und leider auch in Deutchland numerisch immer mehr zunehmen.

Die günstigen Erfolge, von welchen die genannten amerikanischen Autoren berichten, sind von verschiedenen Seiten [1]) bestätigt worden und wir selbst können uns dem günstigen Urtheil nur anschliessen. Nothwendig ist allerdings eine sorgfältige Individualisirung und insbesondere ein vorsichtiger Beginn mit schwachen Strömen, die dann bei den nächsten Sitzungen gesteigert werden.

---

[1]) Benedikt, Nervenpathologie und Elektrotherapie. 1874. S. 136.
Möbius, Berliner klin. Wochenschr. 1880. No. 47.
Engelhorn, Centralbl. f. Nervenheilk. 1881. No. 1.
F. Fischer, Arch. f. Psych. 1882. XII. S. 628.
Erb, Elektrotherapie. 1886. S. 286.
Maienfisch, Schweiz. Correspondenzbl. 1881. XI. 22.
v. Holst, Die Behandlung der Hysterie etc. 1883.
Stein, Die allgemeine Elektrisation etc. 3. Aufl. 1886.

In Betreff der Wahl der Stromesart müssen wir Beard und Rockwell beipflichten, dass den Patienten, wenigstens ihrem subjectiven Gefühle nach zu urtheilen, die allgemeine Faradisation angenehmer und wirksamer ist, als die allgemeine Galvanisation. Doch dürfte es deshalb nicht gerechtfertigt sein, letztere ganz zu vernachlässigen; vielmehr erscheint es als das Beste, beide Ströme in jeder Sitzung nacheinander anzuwenden, nur den Inductionsstrom mehr peripherisch und länger (gewöhnlich 2mal, am Anfang und am Schluss der Sitzung), den constanten Strom mehr direct auf die Nervencentra einwirken zu lassen.

Auch will ich nicht unterlassen, zu bemerken, dass hypersensitive Patientinnen von der allgemeinen Elektrisation durch die Hand des Arztes eine ungleich bessere Wirkung zu verspüren glauben, als von den Wanderungen der Schwammelektrode, eine Wahrnehmung, die auch von anderen Autoren gemacht wurde.

Die centrale Galvanisation Beard's habe ich mit mehrfachen, aus verschiedenen Indicationen abgeleiteten Modificationen angewendet und meistentheils mit ziemlich befriedigendem Erfolge. Diese Methode ist aber nichts weiter, als eine nicht vollständig ausgeführte generelle Galvanisation.

Stein hat endlich zur Verbindung der allgemeinen Elektrisirung mit der Massage eine elektrotherapeutische Massirrolle aus Messing construirt, welche mit feuchten Leitern überzogen und mit der An verbunden, an einem isolirten Handgriffe von dem Arzte unter kräftigem Drucke über die Muskeloberfläche hingerollt wird. Dieses Verfahren ist für viele Fälle sehr empfehlungswerth.

Die permanent wirkenden Ketten.

Eine Art Verbindung perpetuirlicher, localer und allgemeiner Galvanisirung stellt die permanente Anwendung der sog. einfachen Ketten dar, welche schon seit Decennien von Nichtärzten (Pulvermacher etc.) gegen die verschiedensten rheumatischen und neuralgischen Beschwerden angewendet und neuerdings auch von fachverständigen Aerzten einer Prüfung unterworfen wurden. Ciniselli verwendete und empfahl einfache Plattenpaare, bestehend aus einer Platte von Zinkblech und einer solchen von Kupferblech mit einem übersponnenen Kupferdrahte zur Verbindung beider. Diese Platten können mit einer dem Einzelfalle entsprechenden Grösse und Krüm-

mung auf die Haut über neuralgisch afficirten Nerven, schmerzhaften Gelenken etc. applicirt und einen grösseren oder kleineren Theil des Tages oder der Nacht getragen werden, und zwar entweder ohne feuchte Unterlage oder mit einer solchen. Die elektromotorische Kraft solcher einfachen Elemente ist selbstverständlich eine sehr geringe. Verkuppelung mehrerer einfacher Elemente zu Ketten ergiebt eine ziemlich bedeutende Stromintensität, besonders wenn feuchte Flanelldiaphragmen zwischen die Metallflächen eingeschoben werden. Solche Ketten werden vielfach in schwindelhafter Weise von Marktschreiern als Universalmittel gegen die verschiedensten Leiden empfohlen.

Eine solche Kette für das Rückenmark, welche ich bei einem Neurastheniker fand, hatte eine Länge von 40 cm und bestand aus hintereinander geschalteten Elementen von amalgamirtem Zink und vergoldetem Kupfer, welche durch ein mit Essig anzufeuchtendes Flanelldiaphragma verbunden waren. Nachdem die Kette vorschriftsmässig 5 Minuten in Essig gelegt war, wurde sie metallisch geschlossen (also ohne Interposition des menschlichen Körpers) und am Galvanometer eine Stromintensität von 4 Milliampères abgelesen. Auf dem Körper längs der Wirbelsäule aufgehängt und zwar so, wie diese Ketten gewöhnlich getragen werden, war die Intensität des an den Terminalelementen abgeleiteten Stromes nahezu die gleiche, sank aber ziemlich rasch. Der innere Widerstand der Kette, gemessen mit Wheatstone'scher Brücke und Galvanometer, beide von Edelmann angefertigt, betrug 9 Ohm. Danach würde die elektromotorische Kraft dieser Kette (nach der Formel $J = \frac{E}{W}$ d. i. $0{,}004 = \frac{x}{9}$) betragen $= 0{,}036$ Volt. Veranschlagt man nun den Widerstand des durchströmten Körpers sehr niedrig, etwa $= 1000$ Ohm, so wäre

$$J = \frac{0{,}036}{1000} = 0{,}000036 \text{ Ampère oder } 0{,}036 \text{ Milliampère,}$$

also eine sehr minimale Stromstärke, die an den Polen wohl noch eine Wirkung entfalten kann; auf der übrigen durchströmten Körperstrecke dürfte die Wirksamkeit selbst bei lang anhaltender Durchströmung wohl gleich Null sein.

Man kann also diese Art von Ketten und Elementen a priori, wenigstens an den Polen, nicht als physikalisch unwirksam betrachten. Legen doch auch von der Intensität der elektrochemischen Wirkung die zahlreichen Aetzschorfe Zeugniss ab, welche man bei Personen,

die solche Ketten tragen, an den betreffenden Hautstellen findet. Die Anätzung geschieht, wie im ersten Theil bei den physiologischen Wirkungen des Genaueren erörtert ist, durch die kaustischen Alkalien, welche sich an der Ka durch die Elektrolyse der Salze des Plasmas ausscheiden.

Jedenfalls sind diese Elemente und Ketten so inconstant, dass ihre Wirkung schwer zu bemessen sein wird. Trotzdem erscheint es nach den Mittheilungen von Ciniselli[1]), Lefort[2]), Valtat[3]), Finkelnburg[4]), Erb[5]) geboten, ihre Wirksamkeit bei Neuralgien, Schreibkrampf und anderen coordinirten Berufsneurosen, localisirten rheumatischen Affectionen, Muskelatrophien u. A. weiter zu prüfen.

Das elektrische Bad.

Das elektrische Bad ist in der neueren Zeit vielfach zu therapeutischen Zwecken verwendet worden und zwar theils als Localbad [Rabat[6]), Weisflog[7]), Domansky[8])], theils als Vollbad [Beard und Rockwell, l. c., Géré[9]), Bouillon-Lagrange[10]), Fieber[11]), Schweig[12]), Paul[13]), Seeligmüller[14]), Ischewski[15]), Stein[16]), Holst[17]).

Es handelte sich bei dieser therapeutischen Anwendung der

---

[1]) Sulle correnti galv. continue. Gaz. med. Ital. Lomb. 1872. 37.

[2]) Gaz. hebdomad. 1872. 17 u. 19.

[3]) De l'atrophie musc. etc. Paris 1877.

[4]) Zur continuirlichen Anwendung schwacher galvanischer Ströme. Sitzungsberichte d. Niederrhein. Gesellsch. zu Bonn. 1881.

[5]) Elektrotherapie. II. Aufl. 1886. S. 296.

[6]) Versuche über die Anwendung des Galvanomagnetismus etc. St. Petersburg 1844.

[7]) D. Archiv. f. klin. Med. XVIII. Bd. S. 371. — Correspondenzbl. d. Schweizer Aerzte. 1877. 14.

[8]) Centralbl. f. Nervenheilk. 1880. S. 131. Ref.

[9]) Compt. rend. LXII. S. 453.

[10]) Du bain hydroélectrique. Thèse. Paris 1868.

[11]) Das lektrische Bad in Wien. Oesterreich. Badeztg. 1874.

[12]) New-York med. Record. 1876. 4

[13]) Bull. de Thérap. 1880. Sept.

[14]) Centralbl. f. Nervenheilk. 1881. S. 288.

[15]) Ebendas. 1882. S. 141.

[16]) Die allgemeine Elektrisation III. Aufl. Halle 1886.

[17]) Die Behandlung der Hysterie. Stuttgart 1883.

elektrischen Bäder nur um rein empirische Versuche, welche bisher exacter Grundlagen entbehrten. Neuerdings haben sich A. Eulenburg[1]) und nach ihm Lehr[2]) der dankenswerthen Aufgabe unterzogen, das elektrische Bad in physikalischer, physiologischer und technischer Beziehung einer wissenschaftlichen Untersuchung zu unterziehen. Die Bezeichnung „hydroelektrisches Bad", welche Eulenburg und Lehr nach Bouillon-Lagrange wählten, hat den Zweck, eine Verwechslung mit den sog. „elektrischen Luftbädern" der älteren Autoren zu verhüten. Indessen erscheint heute die Befürchtung einer solchen Verwechslung beseitigt durch die jetzt allgemein adoptirte Bezeichnung des statisch-elektrischen Luftbades als „Franklinisation". Wir haben heutzutage also wohl keinen Grund mehr, die einfache Bezeichnung „elektrisches Bad" zu vermeiden.

Durch Eulenburg's und Lehr's Untersuchungen, verbunden mit den Beobachtungen ihrer Vorgänger sind die wesentlichsten Wirkungen der elektrischen Bäder in physikalischer und physiologischer Beziehung einigermaassen klargelegt und ist durch die Vereinfachung der Technik jedem Arzt die Möglichkeit ihrer Anwendung gegeben.

Beim elektrischen Bade stellt das Wasser, in welchem sich der Körper befindet, die eine Elektrode vor, während die andere Elektrode gewöhnlich von einem mit feuchtem Leiter überzogenen, über der Badewanne angebrachten Metallstab, Bügel oder Ring gebildet wird, welcher von dem Kranken mit den Händen umfasst werden soll. In dieser Form haben wir das gewöhnlich angewandte monopolare elektrische Bad (Eulenburg) vor uns, d. h. der Körper ist im Wasser nur von einem Pol umflossen.

Die Wanne kann aus Metall bestehen und so als Elektrodenplatte im grössten Maassstabe dienen, deren feuchten Leiter das Badewasser darstellt. Nur muss natürlich der Körper von der Metallwand durch ein schwaches Holzgitter (weniger gut durch Einhängen in eine Hängematte oder Bedeckung der Innenfläche der Badewanne mit Gummituch [Holst, Seeligmüller]) überall genügend getrennt sein. Man hat aber andererseits, um den Einfluss der grossen metallischen Fläche zu

---

[1]) Die hydroelektrischen Bäder, kritisch und experimentell auf Grund eigener Untersuchungen bearbeitet. Wien 1883.

[2]) Die hydroelektrischen Bäder, ihre physiologische und therapeutische Wirkung. Wiesbaden 1885.

vermeiden, auch Wannen aus Holz, Cement, Marmor benutzt und den differenten Pol in Form einer gedeckten Kupferplatte (Stein's Schaufelelektrode) am Fuss- oder Kopfende in das Wasser eingesenkt.

Beim dipolaren elektrischen Bade befinden sich beide Pole innerhalb des Wassers und zwar am einfachsten so, dass man die beiden Pole des Apparates in Form grosser, durch perforirte Holz- oder Gummiplatten cachirte Metallplatten in das Badewasser hineinhängt, die eine am Fussende und die andere am Kopfende, so dass der Strom das Bad in der Längsrichtung durchsetzt. Oder man hängt die Platten an der rechten und linken Seitenwand auf, so dass der Strom quer durchgeht oder wo sonst immer das Bedürfniss des Einzelfalles den Durchgang des Stromes erfordert. Man hat für diese dipolaren Bäder sehr complicirte Einrichtungen getroffen, welche es ermöglichen, dem Strom in grösster Dichte die verschiedensten Wege durch das Badewasser anzuweisen. Zu dem Zwecke ist die Wanne mit doppelten Wänden versehen und zwischen denselben sind an den verschiedensten Stellen Platten angebracht. welche untereinander und mit den centralen Umschaltern in leitender Verbindung stehen. So kann man mittelst Stöpselvorrichtung den Strom der Quere und der Länge nach an den verschiedensten Stellen durch das Badewasser leiten.

Diese Localisirung des Stromes auf einzelne Theile des Körpers stellt aber im Grunde kein allgemeines Bad, sondern vielmehr ein elektrisches Localbad dar, welches der Bequemlichkeit halber um dasselbe mit der allgemeinen Elektrisation verbinden zu können, in ein Vollbad verlegt wird. Und das ist ja auch am Ende nicht unzweckmässig. Nur muss man, wie schon erwähnt, festhalten, dass zu solchen mehr localisirten Durchströmungen keineswegs so complicirte Vorrichtungen nöthig sind, sondern es genügt, die Schaufelelektroden in das Badewasser zwischen Metall- und Holzwand aufzustellen oder aufzuhängen. Ueberhaupt kann man die für das elektrische Bad nöthigen Vorrichtungen sehr einfach einrichten. Jede Badewanne von Holz, Cement, Marmor ist ohne Weiteres zu benutzen; die Metallbadewanne bedarf, wie erwähnt, einer durchbrochenen, schwachen Holzverblendung auf der Innenwand, welche über den Rand der metallenen Wanne hinausreichen muss, damit der Kranke das Metall nicht berühren kann.

Als elektromotorische Quelle kann jeder Inductionsapparat und jede Batterie, welche kräftige Ströme zu liefern im Stande ist, dienen.

Die Unterbrechung des Stromes wird vom Arzte im metallischen Theil des Apparates oder vom Patienten durch Loslassen der Querstange bewirkt.

In Betreff des physikalisch-physiologischen Effects des elektrischen Bades hat Eulenburg bei seinen Versuchen Folgendes gefunden: Der Leitungswiderstand des Bades erwies sich relativ gering; derselbe betrug bei folgender Anordnung: Zinkwanne (selbst Pol) 375 Liter einfaches Wasser von 35—38° C., Einsenkung einer Zinkplatte in das Bad, zweiter Pol = 30—40 S. E., bei Zusatz von 200 g roher Salpetersäure sank ceteris paribus der LW auf 8 S. E. Dagegen: Bei Holzwanne und Einsenkung beider Pole in Form zollgrosser Messingplatten am Kopf- und Fussende (Distanz $1^{1}/_{3}$ m) zeigte sich ein viel grösserer LW, nämlich zwischen 362 und 417 S. E. Der LW des menschlichen Körpers, welcher ausserhalb des Bades (der eine Pol an den Händen, der andere an den Fusssohlen) = 14000 S. E. betrug, zeigte sich im Kathodenbad (Holzwanne, Ka am Fussende versenkt, An-Rolle mit den Händen umspannt) auf 1000 S. E. abgemindert.

Werden beide Pole in's Wasser getaucht, so ist der Körper des Badenden als Nebenschliessung in den Kreis eingeschaltet und wird als solche höchstens von einem Viertel bis einem Drittel des Gesammtstromes durchsetzt. Bei der monopolaren Anordnung geht indessen die gesammte Strommenge durch den Körper. Die Stromstärke wird allerdings durch die nicht zu vermeidenden Polarisationsströme, sowie durch den allmälig wachsenden Leitungswiderstand des Körpers nicht unerheblich geschwächt und muss deshalb bei länger dauerndem Bad durch Einschaltung weiterer Elemente, oder, wenn der Rheostat als Nebenschliessung in Gebrauch ist, durch Vergrösserung der Rheostatwiderstände allmälig erhöht werden.

Die Metallwanne incl. Wasser, oder (wo die Badewanne aus einem Nichtleiter besteht) der im Wasser befindliche Pol incl. Wasser stellt den Hauptpol, der ausserhalb des Bades (in der Metallstange) befindliche Pol gilt als Nebenpol. Ist die An im Wasser, also Hauptpol, so sprechen wir von einem Anodenbad, dagegen von einem Kathodenbad, wenn die Ka im Wasser sich befindet, und die Hände die An enthalten.

Im faradoelektrischen Bade, sowie im Anodenbade wird die Pulsfrequenz herabgesetzt. In letzterem sinkt auch die Temperatur

gewöhnlich um 0,2—0,5 ° C. Die faradocutane Sensibilität wird im faradischen Bade, sowie im Ka-Bade herabgesetzt, im An-Bade erhöht. Der Tastsinn (Ortssinn) wird im Gegensatz zu der Abnahme der faradocutanen Sensibilität im faradischen und im galvanischen Bade entschieden erhöht an den eingetauchten Hautpartien, während er an den nicht eingetauchten erniedrigt oder unverändert ist. Die motorische Erregbarkeit scheint im galvanischen Bade herabgesetzt zu werden.

Von diesen Angaben Eulenburg's weichen die von Lehr erhaltenen Resultate in einzelnen Punkten ab. Nach Lehr sinkt im dipolaren Bade die Pulsfrequenz bei beiden Strömen, wenn mässige Stromstärken einwirken und das Bad von kurzer Dauer ist. Bei längerer Dauer und stärkeren Strömen steigt die Pulsfrequenz über das Normale, der Puls wird kleiner und gespannter, Herzklopfen und Arythmie der Herzaction stellen sich ein und dauern oft ziemlich lange an. Im monopolaren Bade sah Lehr gleich Eulenburg stets Sinken der Pulsfrequenz. Die Körpertemperatur sinkt im monopolaren Bade ein wenig, im dipolaren gar nicht. Die Respirationsfrequenz sinkt im dipolaren Bade stark, im monopolaren nur wenig. Die faradocutane Sensibilität erfährt durch das dipolare faradische Bad Anfangs eine Erhöhung, welche aber rasch in eine bedeutende und dauernde Verminderung der Sensibilität umschlägt. Im galvanischen Bade beobachtete Lehr stets einfache Herabsetzung derselben. Der Raumsinn wird nach Lehr im faradischen Bade von mässiger Intensität und kurzer Dauer erhöht. Eine längere Dauer des Bades bei hoher Stromstärke bewirkt allgemeine Herabsetzung des Raumsinns. Im galvanischen Bade erfährt der Raumsinn eine Erhöhung in denjenigen Theilen, welche unter dem Einfluss der Ka stehen, dagegen eine Abnahme in der An-Region. Die Erregbarkeit der motorischen Nerven steigt nach Lehr im faradischen Bade, beginnt aber schon nach $1\frac{1}{4}$ Stunde wieder abzusinken: im galvanischen Bade sinkt sie von vornherein. Die Harnstoffausscheidung wird nach Lehr durch das dipolare faradische und galvanische Bad erheblich gesteigert, in viel geringerem Grade durch das monopolare Kathodenbad.

Lehr giebt nach seinen Beobachtungen dem dipolaren Bade als dem angenehmsten und bequemsten den Vorzug vor dem monopolaren, und findet in der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle das

faradische Bad indicirt. Dem monopolaren Bade weist er nur für den galvanischen Strom seine Stelle an bei der Behandlung des Morb. Basedowii, des Tremor, der Chorea, der Spasmen.

Nach Eulenburg dagegen entspricht das monopolare Bad allen Anforderungen, welche man an das elektrische Bad stellen kann. Allerdings sind als Nebenerscheinungen, welche bei einer gewissen Stromstärke störend werden können, anzuführen die sensiblen und motorischen Reizungserscheinungen in der Nähe der Elektroden und zwar am stärksten an dem ausserhalb des Bades gelegenen Pole, besonders wenn sich hier die Ka befindet, also an den den Elektrodenstab umfassenden Händen, an den Hand- und Ellenbogengelenken, sowie an den Beugemuskeln der Oberextremitäten. Ziemlich lebhaft sind auch die Reizerscheinungen an den Grenzschichten der Hauptelektrode, nämlich an den vom Wasserspiegel berührten Theilen des Rumpfes. Hier ebenso wie an den Vorderarmen und Händen drängt sich der elektrische Strom auf einen relativ geringen Querschnitt zu relativ grosser Dichtigkeit zusammen und muss demnach auch die der Oertlichkeit entsprechenden sensiblen und motorischen Reizphänomene auslösen. Selbstredend werden diese Erscheinungen auf das Doppelte wachsen, wenn der Strom bei geschlossener Kette gewendet wird, und zwar auch hier wieder erheblich stärker an der Elektrode, welche bei der Commutation zur Ka wird.

Uebrigens erkennt Eulenburg in einer neuerlichen Publication[1]) der von Trautwein[2]) angegebenen Rückenkissenelektrode aus Gummi, welche dem Rücken oder Nacken des Badenden bequem angedrückt werden kann, die Bedeutung eines technischen Fortschrittes zu, insofern dieselbe die Nachtheile der röhrenförmigen Handelektrode beseitige und andererseits gestatte, Ströme von absolut grösserer Intensität mit grösserer Constanz und im Allgemeinen auch mit zweckmässigerer Vertheilung der Stromzweige im Körper einzuleiten.

Die bekannten galvanischen Geschmacks- und Lichtempfindungen, dann Schwindel, Verlust des Gleichgewichts u. s. w., werden bei höherer Stromstärke percipirt, wenn die Nebenelektroden dem Kopf resp. Gesicht nahe gestellt werden. Es ist wegen dieser Nebenerscheinungen Vorsicht in der Dosirung der Ströme, besonders im Anfange und bei Personen, deren Reaction und Leitungswiderstand

---

[1]) Deutsche Medicinalztg. No. 41. 1885.

[2]) Berliner klin. Wochenschr. 1884. No. 37.

man noch nicht kennt, geboten. Auf alle Fälle muss der Arzt die Intensität des Stromes am Galvanometer und die der Faradisation an dem Rollenabstande ablesen und zur Sicherheit noch durch Einsenken der Hand in das Badewasser, während die andere die Elektrodenstange berührt, controliren. Prüfungen der Stromstärke seitens des Arztes am eigenen Körper stellen die Versuchspersonen und Patienten am ehesten gegen schmerzhafte Ueberraschungen sicher.

Die Wirkungen des elektrischen Bades sind nach den vorstehenden Untersuchungen von Eulenburg und Lehr zunächst die bekannten peripherischen und centralen Effecte eines hautreizenden Bades, analog den Wirkungen der thermisch und chemisch hautreizenden Bäder (kühle Seebäder, Soolbäder, Kohlensäurebäder). Dafür spricht vor Allem die Wirkung auf die Herzaction und auf die Temperatur, welche wohl auf reflectorische Reizung des Vagus-, des vasomotorischen, des trophischen und des Temperaturcentrums zu beziehen ist. Dass ausser diesen peripherischen Nervenreizeffecten noch eine specifische (erfrischende und beruhigende) Wirkung auf das Nervensystem eine Rolle spielt, ist in hohem Grade wahrscheinlich. Dafür spricht schon die empirisch festgestellte Ueberlegenheit des elektrischen Bades ebenso wie der allgemeinen Elektrisation über die einfach hautreizende Badeformen bei denjenigen Krankheiten, bei denen die letzteren vor den ersteren zur Anwendung kamen.

Empirisch wird die therapeutische Wirkung des elektrischen Bades gerühmt bei denselben Allgemeinstörungen der Innervation und Ernährung, welche von der allgemeinen Elektrisation günstig beeinflusst werden, also bei Hysterie, Hypochondrie, Neurasthenie, Agrypnie, diffusen Neuralgien und Parästhesien, nervöser Dyspepsie, Tremor, Paralysis agitans, chronischem Gelenkrheumatismus, Arthritis deformans, Gicht, Morb. Basedowii. Lehr stellt sogar das elektrische Bad als die zweckmässigste Form der allgemeinen Elektrisation über die Methode der allgemeinen Elektrisation von Beard und Rockwell.

Die Dauer des Einzelbades soll nach Lehr in den Fällen, wo es auf Erfrischung des Nervensystems ankommt, nur kurz, nicht über 10—15 Minuten betragen. Dagegen kann die Dauer des Bades in allen Fällen, wo eine möglichst bedeutende und dauernde Herabsetzung der sensiblen und motorischen Erregbarkeit beabsichtigt wird, z. B. bei der Behandlung von Tremor, Spasmen und Contracturen bis zu 30 Minuten gesteigert werden.

Als die zweckmässigste Temperatur des Bades empfiehlt Lehr 32—35° C.; bei Rheumatikern ist eine höhere Badewärme zweckmässig.

Combinationen des elektrischen Bades mit andersartigen Einwirkungen.

Agentien von analogem physiologischem und therapeutischem Effecte können nebenher mit Vortheil Platz greifen. Solche Combinationen werden vielleicht dereinst eine grosse Bedeutung erlangen. Dahin gehört die Combination mit hydrotherapeutischen Proceduren, mit niederer Temperatur des Badewassers, mit Zusatz von Kochsalz resp. Soole oder Kohlensäure zum elektrischen Bade, mit Massage, Heilgymnastik. Alle oder einzelne dieser Methoden, welche eine Steigerung theils der Innervation, theils des Stoffumsatzes und der Ernährung zum Zwecke haben, lassen sich zu einem zweckentsprechenden Curplan in geeigneter Weise combiniren, wie dies auch bereits in einzelnen Curanstalten, z. B. in Berlin durch DDr. Berkholz, und O. Schultze, in Kreuznach durch Dr. Trautwein, in Baden-Baden durch Dr. Heiligenthal, in Wiesbaden durch Dr. Lehr, in Neu-Wittelsbach bei München durch Dr. Rud. v. Hösslin geschieht.

Im Interesse der Sache müssen wir wünschen, dass die Beurtheilung der durch das elektrische Bad oder durch seine Combinationen mit anderen physikalisch-chemischen Einwirkungen erzielten Wirkungen mit möglichster Objectivität und frei von Enthusiasmus geschehe. Die Kliniken wären ja in vieler Beziehung ganz geeignete Anstalten zu derartigen Prüfungen und ich für meinen Theil werde auch fortfahren, die physikalische und therapeutische Wirkung der elektrischen Bäder zu studiren. Allein Eins steht den Kliniken nicht oder doch nur in ungenügendem Maasse zu Gebote, das ist das geeignete einschlägige Krankenmaterial, welches doch vorwiegend aus den wohlhabenden Schichten der Gesellschaft ressortirt. Dafür sind aber andererseits die in den Kliniken gesammelten Beobachtungen, mögen sie nun im positiven oder negativen Sinne ausfallen, wieder werthvoller dadurch, dass die Patienten von dem Einflusse der Familie und sonstiger socialer Beziehungen abgelöst, selbst objectiver und vermöge der unausgesetzten Beobachtung besser controlirbar sind. Das sind

Dinge, welche gerade bei den in Rede stehenden Krankheiten, wo die Psyche eine so grosse Rolle spielt, von der grössten Wichtigkeit sind.

Die Franklinisation oder Anwendung der statischen Elektricität.

Seitdem Holtz durch die Construction seiner Influenzmaschine die Möglichkeit gegeben hat, die statische Elektricität auch zu Heilzwecken in einer genau modificirbaren Weise anzuwenden, ist in die therapeutische Anwendung der Spannungsströme Methode gekommen. Dem ersten eingehenden Versuch mit Spannungsströmen von Schwanda [1]) folgten Beobachtungen von Fieber [2]), Erlenmeyer [3]), Stein [4]), Arthuis [5]), R. Vigouroux [6]), Ballet [7]), Paul Vigouroux [8]), Drosdoff [9]). Die Technik der Franklinisation ist eine ziemlich complicirte, und müssen wir in Betreff des Instrumentariums und der technischen Details auf die angeführten Specialwerke von Vigouroux, Arthuis und Stein verweisen.

Die physiologischen Wirkungen der Spannungsströme sind noch wenig studirt. Das wenige Bekannte stammt von Schwanda. Dieser constatirte am positiven Pol saure Geschmackempfindung an der Zungenspitze mit Erection der Papillen und stärkerer Schleimabsonderung, Fehlen von Geruchs- und Gehörsempfindungen selbst bei starken Strömen, entoptische Erscheinungen auch erst bei sehr starken Strömen: Lichtblitze, welche sich bei schneller Rotation der Scheibe in ein gleichmässiges, bläulich-weisses Licht verwandelten. Sehr intensiv wirkt die statische Elektricität auf die Elemente der Haut,

---

[1]) Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1868. 67. — Wiener med. Jahrb. III. 163. — Poggendorff's Annalen. CXXX. S. 622.

[2]) Wiener med. Wochenschr. 1869. 30.

[3]) Centralbl. f. Nervenheilk. 1879. 1.

[4]) Die allgemeine Elektrisation etc. 3. Aufl. Halle 1886.

[5]) Traitement des malades nerveuses etc. par l'électricité statique. Paris 1877

[6]) Revue de méd. 1881. 2.

[7]) Progrés méd. 1881. 18.

[8]) De l'électricité statique etc. Paris 1882.

[9]) Centralbl. f. Nervenheilk. 1882. 7. (Ref.)

insbesondere die glatten Muskeln und die Gefässe, welche sich energisch contrahiren.

Die therapeutische Indication ist noch eine ziemlich vage. Es sind bisher vorzüglich rebellische Lähmungen der motorischen und sensiblen Apparate Objecte der Franklinisation gewesen, vor Allem hysterische Lähmungen und Anästhesien; dann Bleilähmungen, rheumatische Lähmungen, Neuralgien, die verschiedensten Tremorformen, Paralysis agitans. Vigouroux hat das Heilgebiet der Spannungsströme über alle möglichen Krankheiten ausgedehnt (Amenorrhoe und Dysmenorrhoe, Dyspepsie, Spinalirritation, nervöse Taubheit u. A.).

Von der Dosirung der Stromstärke, der Dauer und Häufigkeit der elektrischen Sitzungen.

Allgemein gültige Gesetze über die zu therapeutischen Zwecken anzuwendenden Stromstärken resp. Stromdichten, sowie über die Häufigkeit und die Dauer der Sitzungen existiren nicht und es können der Natur der Sache nach auch nur ganz allgemeine Principien vereinbart werden. Ein solches Princip, welches sich im Laufe der letzten Decennien wohl bei allen Sachkennern Bahn gebrochen hat und welchem auch bereits von R. Remak, Benedikt, Beard und Rockwell, Erb u. A. Ausdruck gegeben ist, ist das Princip der schwachen Ströme. Es giebt Fälle von grosser Torpidität der Reaction (Paralysen, Neuralgien etc.), bei denen mit einer hohen Stromintensität grosse, ja oft überraschende Wirkungen erzielt werden, wie dies besonders von Neftel noch neuerdings wieder exemplificirt worden ist[1]), allein im Allgemeinen ist die Anwendung von Strömen geringer Intensität (1 — 10 Milliampère bei einer Grösse der Elektrodenquerschnitte von 15 — 70 qcm) zu empfehlen, Ströme, welche eine nur mässige sensible Reizung und bei zweckmässigem Verfahren nie eine chemische Alteration an der Ka hervorrufen. Die zu wählende Stärke der Inductionsströme hängt natürlich ganz wesentlich davon ab, ob feuchte oder trockene Elektroden zur Anwendung kommen, welche Region des Körpers Object der Faradisation sein und zu welchem Zwecke dieselbe vorgenommen werden soll. Hier lassen sich allgemeine Vorschriften nicht geben.

Eine andere Frage, welche C. W. Müller (Wiesbaden) in der neuesten Zeit in Anregung gebracht hat[2]), betrifft die Feststellung

---

[1]) Neftel, Elektrotherapeutische Beiträge. Archiv f. Psych. u. Nervenkrankh. Bd. XVI. S. 45. 1885.

[2]) C. W. Müller, Zur Einleitung in die Elektrotherapie. Wiesbaden 1885.

gewisser Normal-Stromdichten für die Behandlung der einzelnen Krankheiten. Müller huldigt bei seinem therapeutischen Handeln dem Princip der schwachen Ströme, der kurzen Dauer und der häufigen Wiederholung der Application. Dem Princip der schwachen Ströme giebt er auf Grund seiner Erfahrung an Kranken (ex juvantibus et nocentibus) und nach der „Minimalempfindung vieler intelligenter Menschen mit normaler Hautsensibilität und bei normaler Beschaffenheit und Temperatur der Haut“ einen mathematischen Ausdruck durch Berechnung der Stromdichte aus der galvanometrisch festzustellenden Intensität des Stromes und den Elektrodenquerschnitten. Die Stromdichte (D) hängt ab von der Intensität des Stromes (I) und von der Grösse des Elektrodenquerschnittes, d. h. die Dichte ist bei gleicher Stromstärke dem Querschnitt umgekehrt proportional: $D = \frac{J}{Q}$. Da nun nach Müller die Heilwirkung des galvanischen Stromes — der Inductionsstrom ist von ihm nicht berücksichtigt — vor Allem von der Stromdichte abhängt, so ist die letztere empirisch für jeden einzelnen Fall durch Bestimmung des Verhältnisses der Stromintensität zum Elektrodenquerschnitt festzustellen. Müller hat nun für die grosse Mehrzahl der Krankheitsfälle das Verhältniss $D = {}^1/_{18}$ aufgestellt, d. h. die meisten Krankheitszustände sollen behandelt werden mit einer Stromintensität von 1 Milliweber bei Elektrodenquerschnitten von 18 qcm. Ferner: soviel mal die Elektrodenfläche 18 qcm enthält, soviel Milliweber Stromstärke sind zur Behandlung erforderlich. Bei einer Plattengrösse von 36 qcm würde also die Normalformel lauten: $D = {}^2/_{36}$, bei 54 qcm. $D = {}^3/_{54}$ u. s. f. Bei ungleicher Grösse der Querschnitte beider Elektroden soll im Allgemeinen das arithmetische Mittel aus dem Quadratinhalt der beiden Platten gelten.

Von dieser Regel statuirt nun Müller Ausnahmen, insofern höhere Stromdichten bei torpiden Gelenkentzündungen (${}^1/_6$), bei spastischer Migräne (${}^1/_7$) zur Geltung kommen sollen, geringere Stromdichten dagegen bei Durchleitung des Stromes durch den Kopf, quer durch die Proc. mastoidei (${}^1/_{24}$), longitudinal von der Stirn zum Nacken (${}^1/_{40}$), dann bei frischer Myelitis, Neuritis, Neuralgie etc.

Hiernach müsste also eine Tabelle aufgestellt werden, wie dies auch C. W. Müller in der That gethan hat, in welcher für alle Regionen und alle möglichen Affectionen die Grösse der Elektroden und die Stromintensität sowohl für die regulären Fälle als für die

Ausnahmsfälle festgestellt wäre, um die für den Einzelfall therapeutisch erforderliche Dichte zu finden.

Dieses Verfahren wäre am Ende mit Hülfe solcher Tabellen durchführbar, wenn es auch als sehr umständlich erscheint, vor der Elektrisation in jedem einzelnen Falle nachzusehen, welche Intensität und Elelektrodenquerschnitte zu wählen seien. Die Umständlichkeit würde aber von der Anwendung des Verfahrens nicht abhalten, wenn das letztere auf gesicherter Basis stände und von zweifellosem Nutzen wäre. Aber in beiden Beziehungen stehen demselben gerechte Bedenken entgegen. Die Grundlage des Verfahrens ist doch nur die subjective Ueberzeugung des Erfinders, dass ihm eine bestimmte Stromdichte unter bestimmten Verhältnissen den gewünschten Erfolg geliefert habe: er hat seiner empirisch gewonnenen Ueberzeugung einen mathematischen Ausdruck gegeben. Wer verbürgt aber, dass nicht ein anderer Autor das Verhältniss $^1/_{24}$ oder $^1/_{30}$ als das richtige für die Durchschnittsbehandlung bezeichnet? Hat doch schon Erlenmeyer in seinem sonst so überschwänglich anerkennenden Referate über die Arbeit Müller's[1]) ausgerechnet, dass er seine „hinter denen Müller's gewiss nicht zurückstehenden" Heilerfolge bei Rückenmarkskrankheiten, Ischias u. s. w. seit Jahren mit dem Verhältniss $^1/_{34}$, also mit der Hälfte der Normalstromdichte Müller's erzielt habe.

Entgegengesetzt zu diesen niedrigen Werthen verhalten sich die Stromdosen, welche Stintzing seit Jahren in meiner Klinik mit bestem Erfolge in Anwendung gezogen hat. Stintzing behandelt z. B. Rückenmarkskranke mit mindestens $D = \frac{10,0}{70}$, also $= ^1/_7$, Gehirnkranke mit $\frac{4,0}{32}$, also $^1/_8$, und wendet bei der sogen. Sympathicusgalvanisation Stromdichten bis zu $\frac{5,0}{20}$, also $^1/_4$, an.

Auch hier ist übrigens wieder zu erwägen, was schon oben betont wurde, dass nach Stintzing's Untersuchungen D $^1/_{10}$ in ihren Wirkungen nicht gleichgesetzt werden darf $= ^2/_{20}$, $^4/_{40}$ etc., was ja physikalisch berechtigt wäre, physiologisch aber nicht zulässig ist. Auf den motorischen Nerven wirkt z. B. $^1/_3$ ebenso wie $^2/_{12}$ ($= ^1/_6$), d. h. die zur Erregung erforderliche Stromdichte nimmt mit

[1]) Centralbl. f. Nervenheilk. VIII. S. 5. 1885.

der Vergrösserung des Elektrodenquerschnittes ab. Es darf daher bei therapeutischen Vorschriften der Müller'sche Bruch nie ausgerechnet mitgetheilt werden, sondern mit genauer Angabe des wirklich angewendeten Querschnittes.

Therapeutische Erfahrung ist eine zu schwankende Basis für den Aufbau einer Fundamentalregel der Elektrotherapie. Und dann, wie gross sind die individuellen Verschiedenheiten bei den zu behandelnden Krankheiten und Kranken, denen bei der Dosirung des Stromes Rechnung getragen werden muss! Und manche Kranke haben, wie schon Berger in seinem Referate bemerkt, nicht die Zeit und Neigung, ihre Heilung mittelst des „sicheren", aber sehr langdauernden Verfahrens Müller's abzuwarten, wenn das Uebel sich vielleicht mit stärkeren Strömen in kürzerer Zeit beseitigen lässt.

Dass die polare Methode in der Elektrotherapie gar keine Bedeutung habe, wie Müller behauptet, und dass der elektrotherapeutische Einzeleffect nicht von der specifischen Polwirkung an der Ein- und Austrittsstelle des Stromes abhänge, sondern einerseits von dem Grade der Stromdichte, in welchem der Strom seine Wirkungen auf der ganzen Strecke des durchflossenen kranken Körpertheils entfalte, und zweitens von der Dauer, wie kurz oder wie lang jene Wirkungen stattfinden, durch eine solche einfache Behauptung wird eine so schwierige Frage nicht aus der Welt geschafft.

Trotz der geäusserten Bedenken hat aber Müller's Arbeit ohne Zweifel das grosse Verdienst gehabt, dass die Bestimmung der Stromdichte resp. des Verhältnisses des Elektrodenquerschnittes zu der Stromintensität in der Elektrotherapie eingehende Berücksichtigung Seitens der Fachgenossen gefunden hat.

Die Dauer der Elektrisation wird in der neueren Zeit ziemlich allgemein auf 4—5 Minuten fixirt (C. W. Müller lässt den Strom dagegen nur $^1/_2$—1 Minute, höchstens 2—3 Minuten durchgehen), doch kommen auch nicht selten Fälle zur Beobachtung, besonders Neuralgien (Tic douloureux, Occipitalneuralgie), bei denen die Intensität des Schmerzes eine längere Einwirkung nöthig macht. Schwache galvanische Ströme von $^1/_4$—$^1/_2$stündiger Dauer und darüber sind hier nach meiner Erfahrung oft von eminenter Wirkung, während kurze Stromdauer ohne Nutzen bleibt. Solche Fälle sind es auch, bei denen auch eine häufigere Anwendung, als die gangbare täglich einmalige mit Vortheil Platz greift, wie weiter unten bei den Neuralgien des Genaueren ausgeführt ist.

Im Allgemeinen kann man wohl sagen, dass die Stromanwendung um so kürzer sein soll, je stärker der Strom ist, und um so länger sein kann, je schwächer der Strom gewählt wird; ferner, dass ganz allgemein betrachtet die erregende und erfrischende Wirkung des Stromes bei kurzer Dauer, die abspannende und ermüdende bei längerer Stromdauer in die Erscheinung tritt, in analoger Weise, wie bei anderen physikalischen Einwirkungen, z. B. bei der Anwendung lauer, kühler und kalter Bäder und der Massage.

Die Heilwirkungen der Elektricität.

Die ältere Auffassung, dass die Elektricität nur als ein Reiz auf die verschiedenen Gewebe des Körpers wirke und dass also die Heilwirkung des elektrischen Stromes nur eine Reizwirkung sei, ist gewiss so allgemein gefasst nicht erschöpfend, aber in mancher Beziehung vollkommen zutreffend. Dass das Nervensystem sowohl in seinen centralen als in seinen peripherischen Theilen durch Reizmittel erfrischt und zu grösserer Leistungsfähigkeit angeregt werden kann, braucht wohl nicht weiter bewiesen zu werden, und der elektrische Strom kann ebenso gut wie jedes andere Reizmittel eine erfrischende Wirkung auf das Nerven- und Muskelsystem üben. Allein zahlreiche sonstige Wirkungen, welche der elektrische Strom an dem thierischen Organismus zu Tage treten lässt, lassen sich als Reizeffecte nicht erklären. Dahin gehört vor Allem die entzündungswidrige und resorptionsbefördernde Wirkung, und auf der anderen Seite die beruhigende, antispastische und antineuralgische Wirkung, beide längst als gesichertes Eigenthum der Elektrotherapie anerkannt. Sie sind unvereinbar mit der Annahme, dass die Elektricität nur als Reiz wirke.

Auch die einfache Uebertragung der Gesetze des Elektrotonus auf pathologische Verhältnisse am menschlichen Körper, und der Versuch, aus ihm die Heilwirkung zu erklären, erscheint für manche Fragen, z. B. für die Modificationen der Erregbarkeit in den peripherischen und Sinnesnerven zulässig. Aber auch diese Gesetze sind noch weniger geeignet, die ganze Summe der Wirkungen des elektrischen Stromes zu erklären, da wir über das Verhalten des Elektrotonus am gesunden und kranken Nerven so gut wie nichts Sicheres wissen. Dazu kommt, dass wir über das Wesen so vieler Krankheiten, welche Objecte der Elektrotherapie sind — ich erinnere nur

an die Neuralgien und die allgemeinen Functionsstörungen des Centralnervensystems — noch völlig im Dunkeln sind. Die Wirkungen der Elektricität sind auch sicher nicht einfache, sondern wahrscheinlich sehr complicirte und können ebenso wenig mit der Annahme einer elektrischen Modification als mit der Reiztheorie gedeckt werden. Die Gesammtsumme der Stromwirkungen setzt sich zusammen aus physiologischen, chemischen und mechanischen Factoren und influirt sämmtliche Gewebe und Functionen des Organismus. Vor Allem sind es die Gewebe und Functionen des Nervensystems in seinen Centralapparaten, sowie in seinen motorischen, sensiblen, trophischen, secretorischen und vasomotorischen Endausbreitungen, welche von der Elektricität beeinflusst werden. Sodann die Gewebe und Functionen des Gefässapparates, sowohl des Herzens (auf reflectorischem, selten auf directem Wege) als auch der Blut- und Lymphgefässe. Ferner die Organe des Bewegungsapparates (Muskeln, Gelenke, Sehnenscheiden etc.). Sie wirkt endlich unter gewissen Umständen auch auf die Function der Drüsen, auf das Leben der Zellen und auf die Constitution und die Bewegung des Plasmas. Die Art und Weise der Einwirkung auf alle diese Organe und Functionen ist im Einzelnen noch fast ganz dunkel. Hypothesen helfen uns über diese Schwierigkeiten nicht hinweg. Nur die experimentelle Forschung vermag hier Licht zu schaffen und wir dürfen solches wohl mit Zuversicht von der Zukunft erhoffen. Für jetzt ist es am gerathensten, lediglich den empirischen Standpunkt festzuhalten und von ihm aus die Wirkungen des Stromes übersichtlich zu gruppiren. Wir wollen dies im Nachstehenden versuchen.

1) Der Strom hebt die gesunkene Energie und Leistungsfähigkeit des Centralnervensystems und der peripheren Nerven. So bei den Folgen von Ueberanstrengungen des ganzen Nervensystems und den Wirkungen anderweitiger schwächender Einflüsse (Sorgen und Kummer, Nachtwachen, Blutverluste, Affectionen der Sexualorgane, rasch auf einander folgende Schwangerschaften und Wochenbetten), Zuständen, welche unter dem Bilde der Agrypnie, der Neurasthenie, der Hysterie, der einfachen Depressionszustände, der allgemeinen Ernährungsstörungen mit nervöser Dyspepsie etc. auftreten.

Geeignete Methoden sind bei Erkrankungen des Gesammtnervensystems Galvanisation des Gehirns und Rückenmarks, Oblongatagalvanisation, allgemeine Faradisation und Galvanisation, elektrisches Bad, vielleicht auch die Franklinisation.

Bei gesunkener oder aufgehobener Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit einzelner Nervenplexus oder Nervenstämme, so nach Ueberanstrengung einzelner Nerven- und Muskelprovinzen, bei Beschäftigungsneurosen, bei leichter rheumatischer und Drucklähmung, Inactivitätsschwäche u. s. w. ist der elektrische Strom in beiden Arten local angewendet sehr wirksam. Hauptsächlich ist die An und Ka des galvanischen Stromes stabil und labil angewendet mit interponirten Stromwendungen, in manchen Fällen aber auch der intermittirende Strom mit feuchten, grossen Platten eingeleitet, am Platze.

2) Durch die elektrotherapeutisch gebesserte Innervation werden mittelbar die Organe der Nutrition und der Bewegung in ihrer Ernährung und Leistung gehoben. Hier spielt die Einwirkung auf die trophischen, secretorischen und vasomotorischen Nerven offenbar die wesentlichste Rolle. Die Function der secernirenden Drüsen bessert sich, die quergestreifte und glatte Muskulatur wird in ihrer Arbeitsleistung gehoben.

Als Methode komme hier wie ad 1, je nach der Indication des Einzelfalles, entweder allgemeine oder locale Elektrisation oder beide combinirt in Anwendung.

3) Hebung der Ernährung und Leistungsfähigkeit der willkürlichen Muskeln kann auch durch directe Bethätigung ihrer Function bewirkt werden. Wiederholte elektrische Erregung von Muskelcontractionen macht die Muskeln, welche für den Willen contractionsunfähig geworden sind, blut- und saftreicher, demzufolge auch voluminöser, erhöht die Wärmeproduction im Muskel und begünstigt (mit gewisser Beschränkung) die Wiederherstellung des Willenseinflusses. So bei Inactivitätsatrophien, bei degenerativen Atrophien infolge von Ueberanstrengungen, von Verletzungen (z. B. im Kriege), marantischen Atrophien, peripherischen, neuropathischen und myopathischen Lähmungen.

Geeignete Methoden sind: Constanter Strom mit An oder Ka oder mit beiden abwechselnd, sowohl stabil als labil, insbesondere aber Volta'schen Alternativen. Auch der Inductionsstrom, besonders dann, wenn Nerv und Muskel auf denselben reagiren, kann hier eine günstige Wirkung neben dem constanten entfalten.

4) Abnorm gesteigerte Erregbarkeit des Nervensystems (im Ganzen, wie in den einzelnen Theilen) kann durch den elektrischen Strom herabgestimmt, ungeordnete und regellose Thätigkeit des Nervensystems regulirt werden. So bei

Hysterie und Neurasthenie, Unfähigkeit zu geistiger Arbeit, Agrypnie, Tremor, Neuralgien und Krampfformen. Diese beruhigende und regulirende Wirkung des Stromes auf das Nervensystem ist eine der augenfälligsten, weil unmittelbar nach der Sitzung constatirbar. Dadurch wird sie dem Laien immer sehr imponirend sein.

Leider ist diese Wirkung meistentheils (wenigstens Anfangs) eine vorübergehende, sie wird aber bei fortgesetzter methodischer Anwendung häufig eine dauernde. Wo letzteres nicht der Fall ist, z. B. bei schweren, incurablen Hysterien, bei Morphinismus behält der Strom doch wenigstens seine palliative Wirkung länger als irgend ein anderes physikalisches und chemisches Heilmittel, eine Eigenschaft, welche bei schweren, oft über viele Jahre sich erstreckenden Nervenleiden nicht hoch genug anzuschlagen ist.

Methoden: Beide Stromesarten finden hier ihre Stelle in zweckmässiger Abwechslung, beide je nach der Indication des Falles bald localisirt, z. B. zur Behandlung von Schmerzpunkten, von Neuralgien, von Schlaflosigkeit, theils allgemein angewendet bei Neurasthenie in Form der allgemeinen Faradisation oder Galvanisation, des elektrischen Bades und vielleicht auch der Franklinisation.

5) Entzündliche und hämorrhagische Processe und deren Producte vermag der Strom in vielen Fällen zu beseitigen (Remak's katalytische Wirkung).

Von der grössten Wichtigkeit wird dieser Effect bei den schleichenden Entzündungen des Centralnervensystems (multiple Sclerose, Tabes, Pachymeningitis, Meningomyelitis), dann der peripheren Nerven (Neuritis und Perineuritis), ferner bei rheumatischen und anderen Entzündungen der Muskeln, des Periost, der Gelenke mit freiem Exsudat oder mit Hyperplasie der Gelenkweichtheile, bei hypertrophischen Narben, bei Hyperplasie der Lymph- und secernirenden Drüsen (Parotis, Magendrüsen, Leber, Nieren, Hoden und Nebenhoden, Prostata.)

Das Wesen der katalytischen Wirkung ist noch in Dunkel gehüllt. Dieselbe wird wahrscheinlich vermittelt durch eine Beeinflussung der trophischen, vasomotorischen und secretorischen, zum kleineren Theil auch der motorischen und sensiblen Nervenfasern, der Blut- und Lymphgefässe, der Schnelligkeit und Richtung des Plasmastromes in den Geweben, der chemischen Constitution der flüssigen Gewebe, vielleicht auch direct der Lebensthätigkeit der Zellen. Auf experimentellem Wege einen Einblick in die katalytischen Wirkungen des

Stromes zu gewinnen und dieselben in ihre einzelnen Factoren zu zerlegen, ist bisher noch nicht gelungen.

Methode: Am meisten gilt in solchen Fällen die stabile Durchleitung des constanten Stromes durch den Locus affectus in möglichst grosser Quantität, also mit möglichst grossem Querschnitte der Contactflächen. Ob die Anode katalytisch wirksamer ist als die Kathode, wie manche Autoren behaupten, steht dahin. In praxi erscheint es am zweckmässigsten, beide Pole an das Organon affectum zu appliciren, zwischendurch die Richtung des Stromes zu wechseln und mit labiler Elektrodenführung zu endigen. Dem Inductionsstrome kommen zweifellos auch katalytische Wirkungen zu (Bruns, Weisflog, Beetz) aber in geringerem Grade.

Hiermit wäre alles Wichtige zusammengefasst, was wir an Wirkungen der Elektricität am menschlichen Körper, soweit das Gebiet der inneren Medicin reicht, empirisch kennen gelernt haben.

Dem naheliegenden Wunsche, dass es gelingen möge, einen Einblick in die complicirten Vorgänge zu gewinnen, welche zwischen der Application des Stromes und den oft überraschenden Wirkungen desselben in Mitten liegen, habe ich oben Ausdruck gegeben. An dieses Principaldesiderium schliesst sich organisch ein weiteres an, welches ebenfalls zunächst nicht einmal empirisch mit einiger Sicherheit beantwortet werden kann und welches in befriedigender Weise wohl erst nach der Lösung des Haupträthsels erledigt werden wird, ich meine die Frage von den Specialeigenschaften des constanten, des inducirten und des Spannungsstromes, mit anderen Worten, von dem Unterschiede in der Wirkung der Contact-, der Inductions- und der statischen Elektricität auf den kranken menschlichen Organismus.

Wir haben gesehen, dass die ersten Heilversuche mit der Elektrisirmaschine, dann mit dem Batteriestrom gemacht wurden, dass dann der letztere mit der Entdeckung der Inductionselektricität vom Inductionsstrom vollkommen verdrängt wurde und dass erst Remak dem constanten Strom die ihm gebührende Würdigung wieder verschafft hat. Die neueste Zeit ist bemüht gewesen, die physiologischen Wirkungen jeder Stromesart für sich kennen zu lernen und empirisch das therapeutische Wirkungsgebiet für jeden derselben abzustecken. Wie wenig Positives aber in dieser Richtung erreicht worden ist, geht aus dem Vorstehenden nur zu deutlich hervor, und der beste Rath für den Arzt, der das elektrische Agens anwenden will, ist immer

noch der, beide Ströme, d. h. den faradischen und den galvanischen nach einander in jeder Sitzung anzuwenden.

Diese Auffassung würde als eine ganz irrige verlassen werden müssen, wenn die Angaben von Engelskjön in Christania in seiner kürzlich erschienenen Arbeit über die Gegensätze in der Wirkung der beiden elektrischen Stromesarten[1]) sich bethätigen sollten. Diese Ergebnisse, welche nach Engelskjön's Aeusserung die Bedeutung eines Hauptgesetzes der Elektrotherapie beanspruchen, laufen darauf hinaus, dass das Wirkungsgebiet der beiden Ströme ein ganz verschiedenes sei und dass es möglich sei, die für den Einzelfall sich eignende Stromesart festzustellen 1) auf Grund des Versuches ex juvantibus aut nocentibus scil. rivis electricis; 2) aus der Aetiologie der Erkrankung; 3) aus der Untersuchung des Gesichtsfeldes bei dem betr. Individuum.

Engelskjön fand nie eine Differenz in der Wirkung der Pole oder der Richtung des constanten Stromes, wohl aber beobachtete er (zunächst nur bei centralen Krankheiten), dass sich die vasomotorisch-pressorischen und die vasomotorisch-depressorischen Nerven verschieden gegen die beiden Stromesarten verhalten, indem der faradische Strom auf die spastisch verengten Gefässe erweiternd, der constante dagegen auf die activ erweiterten Gefässe verengend wirke. Engelskjön constatirte dies zunächst bei Vasomotionsneurosen der äusseren Haut. Er leitet diese Wirkung ab von der elektrischen Beeinflussung der den Gefässwänden angehörenden localen vasomotorischen Ganglienapparate, denn die elektrische Behandlung der Nervenstämme ergab ihm in solchen Fällen die locale Wirkung nicht. Engelskjön zog aus dieser Beobachtung den Schluss, dass diese verschiedenartige Reaction gegen beide Stromesarten nicht nur der peripherisch-vasomotorischen Ganglienzelle angehöre, sondern eine der vasomotorischen Ganglienzelle überhaupt zukommende Eigenschaft sein müsse. Bei nervösen Organen, welche nur zur Leitung dienen, also Ganglienzellen nicht besitzen, fand Engelskjön dieses differente Verhalten nicht.

Die Hauptangriffspunkte der Cerebrospinalaxe für die Elektrotherapie sind nach Engelskjön die Medulla oblongata und das Halsmark. Erstere wird mit ihren grossen Gefässnervencentren von Engelskjön so eingefasst, dass er die eine Elektrode hoch hinauf in die Nackengrube, die andere in die Kinnfalte über dem Larynx postirt; dies ist Engelskjön's Oblongataelektrisirung, die von ihm an die Stelle der sog. Sympathicuselektrisirung gesetzt wird. Das Halsmark wird so elektrisirt, dass die eine Elektrode auf den 6. bis 7. Halswirbel und die andere auf das Manubrium sterni gesetzt wird: Cervicalmarkelektrisi-

---

[1]) Die ungleichartige, therapeutische Wirkungsweise in beiden elektrischen Stromesarten und die elektrodiagnostische Gesichtsfelduntersuchung. Archiv f. Psych. u. Nervenkrankh. Bd. XV. Heft 2. 1884. Bd. XVI. S. 1. 1885.

rung Engelskjön's. Die Stärke des Stromes soll 1,00—1,60 Milliampère betragen. Ein so einwirkender Strom bessert z. B. bei Cephalalgie, excentrischen spinalen Neuralgien den Schmerz rasch (als positiver, d. i. wirksamer Strom nach Engelskjön's Nomenklatur) oder er verschlimmert ihn, resp. lässt ihn unverändert (negativer, d. i. unwirksamer Strom).

Hat bei der probeweisen Anordnung der negative Strom den Zustand verschlimmert, so kann man mit dem positiven Strom die Wirkung des negativen aufheben und zugleich die Krankheit beseitigen. Eine Verschlimmerung, welche bei der elektrischen Behandlung in den ersten 2—3 Wochen eintritt, hat am häufigsten günstige prognostische Bedeutung, indem sie angiebt, dass man durch Wechsel der Stromesart ein positives Resultat erzielen kann. Man muss also den Strom wechseln, wenn eine Verschlimmerung eintritt, nicht aber unter Beibehaltung der schädlichen Stromesart durch Moderirung der Stromstärke oder seltenere Anwendung des Stromes die Verschlimmerung zu bekämpfen suchen, wie dies bis jetzt bei den Aerzten Gebrauch ist. Das sei eine verderbliche Praxis, da die Verschlimmerung unfehlbar zunehme. Nur der Wechsel des Stromes sei von Nutzen.

Die Verschlimmerung der Krankheitserscheinungen, welche durch das Elektrisiren der Oblongata oder des Cervicalmarkes mit der verkehrten Stromesart etwa in der 6. Woche eintrete, nennt Engelskjön die elektrische Neurose. Dieser Zustand ist also Kunstproduct, d. h. Folge des Elektrisirens und hat mit der eigentlichen Krankheit nichts zu thun. Gewöhnlich schwindet er 3—5 Tage nach dem Aussetzen des Stromes von selbst. Die Symptome der elektrischen Neurose sind nach Engelskjön Schlaflosigkeit, gedrückte Gemüthsstimmung, Mattigkeit und abnorme Sensationen in den Gliedern. Diese Symptome werden übrigens durch die andere Stromesart gebessert und rascher beseitigt, als bei exspectativer Behandlung.

Die elektrodiagnostische Gesichtsfelduntersuchung soll nach Engelskjön's Entdeckung ein sicherer Leitfaden für die Wahl der Stromesart sein, insofern die wirksame Stromesart das Gesichtsfeld erweitert, die unwirksame dasselbe beschränkt (Positive und negative Verschiebung der Gesichtsfeldgrenze).

Bei der erstmaligen Anwendung des positiven Stromes bemerken die Patienten auch subjectiv ein Heller- und Klarerwerden vor Augen (als träte die Sonne aus den Wolken, als werde ein dünner Schleier von den Augen hinweggezogen), sowie auch eine Steigerung des Sehvermögens. Diese auffallende Wirkung soll nicht nur die Elektrisirung der Oblongata zur Folge haben, sondern auch die des Rückenmarks (mit Ausnahme des Halsmarks) und der Cauda equina, ferner periphere Reize anderer Art (kaltes resp. warmes Wasser, Einreibungen.)

Die periphere Elektrisirung der Haut hat nach Engelskjön der Oblongataelektrisation entgegengesetzte Wirkungen.

Beziehungen der ätiologischen Momente zur Wahl der Stromesart fand Engelskjön insofern, als er den faradischen Strom wirksam fand bei Neurosen, welche durch Kälte entstanden waren (oder durch Kaltwasserbehandlung verschlimmert, durch Thermotherapie gebessert wurden), für solche, welche durch

deprimirende Gemüthsaffecte (Schreck, Kummer, Sorge) durch geschlechtliche Ausschweifungen und durch Tabakvergiftungen entstanden. Dagegen erfordern die durch körperliche und geistige Ueberanstrengung oder durch forcirtes Wachen hervorgerufenen Neurosen immer den galvanischen Strom.

Auch die Wirkung der centralen und der peripherischen Elektrisation verhält sich nach Engelskjön in gesetzmässiger Weise gegensätzlich, und zwar sowohl in Bezug auf die Beeinflussung der Gesichtsfeldgrösse, als auch in Bezug auf die erstrebte Heilwirkung. Die reflectorischen Wirkungen des elektrischen Stromes fasst Engelskjön theils als einfache Reizwirkungen theils als specifische Reflexwirkungen auf. Als einfache Reizwirkungen bezeichnet Engelskjön die günstigen Heileffecte bei der Elektrisation des Hautorgans. Ihnen analog verhalten sich die Wirkungen der Massage, der Gymnastik, der warmen und kalten Handbäder, welche Agentien sich sämmtlich in ihrer Einwirkung auf das Gesichtsfeld wie auf das klinische Bild gleich günstig und der centralen Elektrisation gegensätzlich verhalten. Diese Reizwirkungen können nun aber nach Engelskjön auch störend und irreleitend für den Beobachter werden in Fällen, in denen die specifische Reflexwirkung beabsichtigt wird.

Die Entscheidung, welche Stromesart und welche Applicationsstelle (ob central oder peripherisch, d. h. Oblongata oder Haut) im Einzelfalle nöthig sei, wird nach Engelskjön in folgender Weise zu treffen sein.

Bewirkt die Massage (elektrische Massirrolle, 2 Minuten an einem Vorderarme applicirt) oder das Bürsten der Haut mit einer Kleiderbürste, Einreiben von Senföl eine Erweiterung des Gesichtsfeldes, so ist die Elektrisation des Hautorgans angezeigt, im umgekehrten Falle ist die centrale Elektrisation indicirt.

Für beide Fälle ist zur Bestimmung der zu wählenden Stromesart das warme und kalte Handbad werthvoll. Das warme Handbad wirkt auf das Gesichtsfeld ähnlich wie die Faradisation, das kalte Handbad dagegen wie die Galvanisation, vorausgesetzt, dass nicht direkte Reizwirkungen des Stromes oder der Temperatur störend in den Weg treten, welche im Anfang der Behandlung leicht zur Wahl der falschen Stromesart verleiten können.

Was die perimetrische Prüfung anlangt, so bestimmt Engelskjön das Gesichtsfeld stets nur in einer Richtung, hier aber mehrmals nach einander mit kurzen Pausen, während welcher der Kranke ausruht. Bestimmungen in allen 4 Segmenten seien zu anstrengend und bewirkten bei Nervenkranken, deren Gesichtsfeld schon an und für sich leicht ermüde, eine fortschreitende Einschränkung des Gesichtsfeldes. Letztere gehe auch nicht so gleichmässig vor sich, dass das zuletzt untersuchte Segment die grösste Einschränkung zeige, sondern in ungleichmässiger Weise. Untersuche man aber nur in einer Richtung, so habe man die besten Chancen, die durch den Strom erzeugten Veränderungen des Gesichtsfeldes constatiren und in ihrer Constanz verfolgen zu können.

Diese wunderlichen, aber mit dem Ernst voller Ueberzeugung vorgetragenen Theorien sind von verschiedenen Seiten in ihren objectiven Grundlagen geprüft worden. Vorzüglich war die Gesichtsfeldprobe, von deren Zuverlässigkeit das Schicksal der Engelskjön'schen

Hypothesen abhängen musste, Gegenstand eingehender Controlversuche. Dieselbe wurde zuerst von Konrad und Wagner[1]) geprüft und als nicht stichhaltig befunden.

Die genannten Autoren prüften das Gesiebtsfeld mittelst eines spbärischen Perimeters tbeils an den eigenen gesunden Augen, theils an Nervenleidenden, besonders solehen, an denen naeh Engelskjön die Gegensätzlichkeit der beiden Stromesarten sieh am deutlichsten ausprägon musste (Migraine ete.).

Die Prüfung der von Engelskjön befolgten Methode der Gesiehtsfoldprüfung (Bestimmung der Gesiehtsfeldgrenzo nur in oiner Richtung, und zwar in dor verticalen) ergab zunächst, dass die untere Grenze sieh ziemlieh constant verhielt, während die obere grosse Scbwankungen, besonders im Sinne einer Erweitorung erkennen liess, und zwar ebensowohl ohne Anwondung des elektrischen Stromes, als mit Elektrisation. Konrad und Wagner machen vor Allem die wechselnde Stellung des Randes des oberen Augenlides für diese Verschiebungen der Gesiehtsfeldgrenzen im oberen Sector verantwortlieb. Sebon geringe Veränderungen in der Kopfhaltung, wie sie bei wiederholten Mossungen unvermeidlieh sind, fanden Konrad und Wagner genügend, um eine Gesichtsfeldausdehnung um mehre Centimeter herbeizuführen. Elektrisation bewirkte allerdings aueh Erweiterung, aber mit beiden Strömen gleichmässig vom Naeken, ebenso wie vom Vorderarm aus.

Konrad und Wagner stehen nach ihren Befunden nicht an, der Engelkjön'schen Lehre als einer Irrlehre jede Bedeutung abzusprechen.

Demnächst zu erwähnen sind die Untersuchungen Erhardts, welche derselbe auf meine Veranlassung im klinischen Institute zu München anstellte.

Erhardt prüfte fast ausschliesslieh die Methode der Gesiebtsfeldprüfung und der Wirkung des elektrischen Stromes an gesunden Augen, sowohl an den eigenen als an den von jungen Collegen. Er bediente sieh eines Förster'schen Perimeters neuester Construction und bestimmte, da die Messungen Engelskjön's in der einen (verticalen) Richtung ungenügend erscbeinen, jedesmal 4 Durehmesser, nämlich den vertiealen, horizontalen und die 2 in der Mitte zwischen beiden liegenden.

Erhardt maeht mit Recht darauf aufmerksam, dass dio Erweiterung des Gesichtsfeldes dureh die Anwendung des galvanisches Stromes schon 1880 von Barbara Tseherbatscheff (Berner Dissertation) gefunden worden sei, und zwar nach einer, soweit man sehen kann, einwurfsfreien Methode. Zur Anwendung auf's Auge kam allerdings nur die Ka, während die An im Nacken stand. Der faradische Strom kam niebt zur Anwendung.

---

[1]) Ueber den Werth der Engelskjön'schen elektrodiagnostischen Gesichtsfelduntersuchung. Archiv f. Psych. u. Nervenkrankh. Bd. XVI. S. 101. 1885.

[2]) Erhardt, Ueber den Einfluss elektrischer Ströme auf das Gesichtsfeld und seinen Werth in therapeutisch-diagnostischer Beziehung. Inaugural-Dissertation. München 1885.

Die Wirkung eines sehwaehen galvanisehen Stromes war nach Tscherbatscheff folgende; der Umfang des Gesiehtsfeldes nahm nicht nur zu, sondern es trat aueh eine Versehiebung der Grenzen für die Erkennung zweier distinkter Punkte sowie für die Pereeption der einzelnen Farben (am weitesten für roth und blau) in der Riehtung uaeh aussen ein.

Erhardt hat nun unter Beobaehtung der von Tseherbatseheff mit Umsicht berüeksiehtigten Cautelou und speciell aueh der Einwürfe, welehe Konrad und Wagner der Engelskjön'schen Methode der Gesichtsfeldprüfung gemacht haben, eine Reihe von Versuchen angestellt und die Resultate mit den Tabollen von Tseherbatseheff und v. Hippel und Foerster vergliehen. Aus diesen Versuehen geht hervor, dass, mögen nun Hinterhaupt und Larynx die Ansatzpunkte der Elektroden seiu oder der Strom direet auf den Bulbus geleitet werden, der galvanische Strom das Gesiehtsfeld nieht unbeträchtlieh und für mehrere Tage erweitert und dass diese Eigensehaft des galvanischen Stromes nicht der Ka allein zukommt, wie Tseherbatseheff fand, sondern beiden Polen. Der faradische Strom verengerte das Gesiehtsfeld in einem Falle, während er bei allen übrigen Versuehen wirkungslos ersehien. Obwohl Erhardt seine Versuchsergebnisse mit aller Vorsicht und Reserve vorträgt, so glaubt er doeh mit Bestimmtheit die Ausschaltung aller zu Irrthümern führenden Fehlerquellen (Lidspaltweite, Bulbusform, Pupillenweite) versichern zu zu können. Erhardt nimmt an, dass die Erweiterung des Gesiehtsfeldes beruhe auf einer Steigerung der Erregbarkeit der Netzhaut, vermöge deren ihre äusserste Randzone, die für gewöhnlieh keine Liehtempfindung zu vermitteln geeignet sei, zu einer solehen befähigt werde.

Auch die neuesten Controluntersuchungen von Leegaard[1]) sind durchaus zu Ungunsten der Engelskjön'schen Theorien ausgefallen, sodass nunmehr dessen „Grundgesetz der Elektrotherapie“ als ein unhaltbares Phantasiegebilde wohl ad acta gelegt werden kann.

Elektrotherapie des Centralnervensystems.

Seitdem die auf theoretische Gründe basirten Zweifel an der Zugängigkeit des Gehirns und des Rückenmarks für elektrische Ströme (vgl. im ersten Theil das Capitel von der Treffbarkeit des Gehirns und Rückenmarks) durch Erb's Experimente mit ihren positiven Resultaten, sowie durch Burckhardt's und meine Controlversuche beseitigt waren, ist allerseits mit der methodischen Elektrisation der Centralapparate des Nervensystems vorgegangen und sind in vieler

[1]) Leegaard, D. Archiv f. klin. Med. Bd. XXXIX.

Beziehung befriedigende Heilresultate erzielt worden, ohne dass es indessen bisher gelungen wäre, eine physiologisch genügend fundirte Erklärung für das Zustandekommen dieser Heilwirkungen zu finden.

Die Annahme einer Einwirkung auf das Lumen der Gefässe des Gehirns und seiner Häute lag Jedem am nächsten, der eine Erklärung versuchte. Hat man es ja doch bei den Gefässen mit einer variablen Grösse zu thun, welche in labilem Gleichgewichte steht und an den dem Auge zugängigen Theilen des Organismus (Haut, Schleimhäute) von dem elektrischen Strome in der augenfälligsten Weise beeinflusst wird. Auf diesen Punkt richteten auch verschiedene Forscher ihr Augenmerk, ohne jedoch durch ihre Versuche zuverlässige Ergebnisse zu erlangen. Am eingehendsten hat Löwenfeld[1]) sich experimentell mit dieser Frage beschäftigt und die Einwirkung des Stromes auf die Lumina der Gefässe in den Häuten des Gehirns und Rückenmarks festzustellen gesucht. Nach Löwenfeld kann man durch Einleitung constanter sowohl als faradischer Ströme durch den Kopf von Thieren die Circulationsverhältnisse im Innern des Schädels beeinflussen. Intensive peripher applicirte Reize können (unabhängig von reflectorischen Contractionen von Skelettmuskeln) eine Verstärkung der Injection der Hirnhäute hervorrufen. In aufsteigender Richtung (+Pol im Nacken, —Pol an der Stirn) durch den Kopf von Thieren geleitete constante Ströme erweitern die arteriellen Gehirngefässe und beschleunigen damit die Circulationsvorgänge im Gehirn. In absteigender Richtung durch den Kopf geleitete Ströme verringern die Weite der Gehirngefässe und setzen somit die Circulationsvorgänge im Gehirn herab. Bei Querleitung durch den Kopf bewirkt die An auf ihrer Seite Erweiterung, die Ka Verengerung der Arterien. Ein vom Halse aufsteigend durch das Gehirn geleiteter Strom führt eine so nachhaltige Erweiterung der Arterien herbei, dass selbst eine Wendung des Stromes dieselbe nicht zu beseitigen vermag. Schlüsse aus den Füllungszuständen der äusseren Kopfarterien auf die Weite der Gehirnarterien sind nach Löwenfeld nicht gerechtfertigt.

Für das Rückenmark fand Löwenfeld Folgendes: Absteigende Ströme (An an den Halswirbeln) bewirkten eine Erweiterung der arte-

---

[1]) Experimentelle Untersuchungen zur Elektrotherapie des Gehirns, insbesondere über die Galvanisation des Kopfes. München 1881. — Ueber die Behandlung von Gehirn- und Rückenmarkskrankheiten vermittelst des Inductionsstromes. München 1881. — Untersuchungen zur Elektrotherapie des Rückenmarks. München 1883.

riellen Piagefässe. Aufsteigende waren weniger wirksam. Wenn überhaupt eine Veränderung beobachtet wurde, so war es Verengerung. War eine Elektrode am Brustbein, die andere am Rücken aufgesetzt, so war eine besondere Differenz in Bezug auf die Erweiterung der Piagefässe nicht zu beobachten. Endlich riefen auch starke faradische Hautreizungen Erweiterung der Piagefässe hervor.

Löwenfeld leitet die Erweiterung der Piagefässe ab von der Einwirkung der Anode auf die vasomotorischen Centren der Medulla oblongata und des Halsmarkes.

Soweit wäre die Sache ganz plausibel, wenn nicht gegen die Methode der Versuche und die Zuverlässigkeit der erhaltenen Befunde gewichtige Bedenken bestünden. Wer sich mit diesen Dingen experimentell beschäftigt hat, weiss, welch' ungemein grosse Schwierigkeiten unter den gegebenen Umständen die Beurtheilung der Gefässweite hat. Schon das Aufbinden der Versuchsthiere (Lämmer) und die Narkose versetzt den gesammten Gefässapparat in dauernde Schwankungen. Dazu kommen dann die Wirkungen des schweren operativen Eingriffes (Eröffnen des Schädels, Aufbrechen des Wirbelcanales), des Blutverlustes, der Einwirkung der Luft auf die Piagefässe, der lebhaften sensiblen Reizung theils von der Wundfläche, theils im Moment des Kettenschlusses von der im subcutanen Bindegewebe versenkten, indifferenten Metallelektrode her: alles Momente, deren Einfluss weder gemessen noch ausgeschaltet werden kann. Dazu kommt endlich die Unmöglichkeit exacter Messungen der Weite der Gefässlumina, die Unzuverlässigkeit des Augenmasses bei geringen Schwankungen der Gefässweite (besonders in Anbetracht des Fehlens von Vergleichsobjecten), infolge dessen die Entscheidung immer von dem subjectiven Ermessen des Experimentators, nicht von objectiven Anhaltspunkten abhängen wird. Ich halte die Schwierigkeiten des Weges, welchen Löwenfeld eingeschlagen hat, für unüberwindlich, insofern eine Reihe von Momenten in Mitten liegt, deren Einfluss auf die vasomotorischen Centren theils noch zu wenig bekannt, theils in ihrem Einflusse im gegebenen Falle nicht abzuschätzen ist. Ich fürchte, dass wir in der Frage der Gehirngalvanisation auf diesem Wege nicht weiter kommen werden. Jedenfalls bedürften dis Löwenfeld'schen Versuche der Controle durch andere Experimentatoren und zwar möglichst unter Anwendung von Methoden, welche wenigstens einen Theil der Schwierigkeiten, vor Allem die unmittelbaren Wirkungen des operativen Eingriffes vermeiden lassen.

Eine prompte reflectorische Wirkung peripherer Reize, z. B. faradischer Hautreizung auf die Gefässe der Gehirnhäute ist von verschiedenen Forschern beobachtet, ohne dass indessen Uebereinstimmung darüber erzielt wäre, in welcher Weise diese Wirkung eintritt. Nothnagel[1]) beobachtete Verengerung der Gefässe durch Hautreizung, Rumpf[2]) dagegen Erweiterung der Gehirngefässe, welche auf der der faradisirten Hautpartie entgegengesetzten Hemisphäre zu Stande komme.

Diese Differenzen drängen dazu, auf andere Versuchswege zu sinnen, um der so äusserst wichtigen Frage der physiologischen Wirkung des galvanischen Stromes auf den Schädelinhalt des Menschen näher zu kommen. Die Messung der Weite der Retina- und Ohrarterien bei der Galvanisation des Gehirns schien hier einen Maassstab an die Hand geben zu können. Allein nach den Angaben Löwenfeld's soll die Weite der Gehirngefässe der Weite der Augen- und Ohrarterien nicht parallel gehen. Blutdruckmessungen an der Carotis und Temporalis während der Galvanisation vermögen vielleicht Aufschluss zu geben.

Wir sind gewiss berechtigt, einen Einfluss des elektrischen Stromes auf das Verhalten der Gefässwandungen anzunehmen, und zwar entweder durch directe Stromeinwirkung auf die Arterienmuskulatur oder auf die in der Gefässwand befindlichen Ganglien und vasomotorischen Nerven, oder indem wir die letzteren von ihrem Centrum aus erregen, oder endlich, indem wir durch Erregung der centripetalen Fasern unter Vermittlung der Vasomotorencentren also reflectorisch pressorische Vasomotoren erregen.

Es muss aber neben dieser Einwirkung auf die Gefässe des Gehirns und deren Nerven und Nervencentren auch eine specifische (directe oder indirecte) Wirkung der Elektricität auf die Nervensubstanz selbst, und zwar sowohl auf die Ganglienzellen, als auf die leitenden Fasern angenommen werden. Viele Wirkungen der Elektrisation des Gehirns, besonders die sogleich bei oder nach der Application eintretenden, lassen sich aus einer Einwirkung auf die Circulation im Gehirn und seinen Häuten nicht erklären, sondern können

---

[1]) Virchow's Archiv. 1869. Bd. XL. S. 203.

[2]) Deutsche med. Wochenschr. 1880. No. 29. — Berliner klin. Wochenschr. 1879. No. 36.

nur aufgefasst werden als specifische Einwirkungen auf die Ganglienzellen selbst. Voran steht hier die erfrischende und zugleich wohlthuend beruhigende, dann die schlafmachende Wirkung. Immerhin aber bleiben die am Gefässapparate Seitens des elektrischen Stromes gesetzten Phänomene zunächst die greifbarsten und für die Beseitigung entzündlicher und hämorrhagischer Producte werthvollsten. Katalytische Effecte des Stromes werden unzweifelhaft bei intracephalen Processen erzielt und hier müssen wir immer wieder zuerst auf die Blut- und Lymphgefässe recurriren.

Ob und inwieweit die periphere Hautreizung reflectorisch auf die Gefässe der Hemisphären und auch auf die centralen Nervenelemente specifisch wirksam ist, lässt sich zur Zeit nicht beurtheilen.

Methoden der elektrischen Behandlung bei Gehirnaffectionen.

Nach den im Vorstehenden aufgestellten Gesichtspunkten muss die elektrische Behandlung der cerebralen Affectionen folgende Methoden umfassen.

Directe Elektrisation des Kopfes: Durchleitung des galvanischen oder faradischen Stromes in Quer-, Längs- oder Schrägrichtung durch den Kopf. Die Elektroden sind möglichst gross zu wählen und bei Querdurchleitung an den Schläfen oder hinter den Ohren oder je nach dem präsumptiven Sitz der Affection aufzusetzen. Auch in schräger Richtung kann man den Strom durchgehen lassen, wenn man den einen Pol in die Schläfe der betreffenden Stirnhälfte, den anderen auf den Warzenfortsatz der entgegengesetzten Seite oder noch weiter rückwärts aufsetzt.

In der Wahl der Pole, wenn es sich um einseitige Herderkrankungen handelt, wird von manchen Autoren insofern ein Unterschied gemacht, als sie die An stets auf der Seite der Läsion appliciren.

Die Längsdurchströmung wird so bewirkt, dass die eine Elektrode auf die Stirn, die andere am Hinterhauptsbeine oder in der Nackengrube aufgesetzt wird. Auch hier sind möglichst grosse Elektroden mit Kopfkrümmung zu wählen. In welcher Richtung der Strom zur Erzielung des gewünschten Effectes zu senden sei, ob man die Pole nach Belieben aufsetzen soll oder ob man Werth legen will auf die

Löwenfeld'schen Angaben, wonach der aufsteigende Strom (An im Nacken, Ka an der Stirn) die Blutzufuhr zum Gehirn erhöhen, die Circulation beschleunigen soll, während der absteigende Strom (An an der Stirn, Ka im Nacken) die Blutzufuhr verringern, die Circulation verlangsamen soll, das Alles bleibt zunächst dem subjectiven Ermessen jedes Arztes überlassen. Positives wissen wir hierüber nicht.

Ausser diesen bestimmten Oertlichkeiten für die Polansätze, welche hauptsächlich in den Regionen des geringsten Widerstandes, also an unbehaarten und von reichlichen Gefässzügen durchsetzten Schädelstellen stattfinden, kann man nun nach Lage des Einzelfalles auf jede andere Region des Schädels, insbesondere auf die Scheitelregion, theils stabil mit oder ohne Unterbrechungen oder Wendungen des Stroms, theils labil einzuwirken versuchen. Der hierzu nicht benutzte Pol kann an anderer Stelle des Schädels, im Nacken oder irgendwo am Rumpfe stehen, also die Gehirngalvanisation kann dipolar oder monopolar stattfinden, je nach den Indicationen des Einzelfalles, die allerdings wieder von der subjectiven Auffassung des betreffenden Elektrotherapeuten abhängen.

Bei der centralen Galvanisation Beard's steht, wie oben erwähnt, die eine Elektrode im Epigastricum, während die andere über die ganze Oberfläche des Schädels und die Wirbelsäule hin und hergeführt wird.

Der Inductionsstrom kommt neuerdings, nachdem er bis dahin für die Behandlung der nervösen Centralapparate ganz vernachlässigt war, auch hierbei mehr zur Geltung, besonders durch die von Beard und Rockwell zuerst nachgewiesenen und vielfach von anderer Seite bestätigten centralen Wirkungen der allgemeinen Faradisation.

Die sog. Sympathicusgalvanisation (Remak), Galvanisation am Halse, subaurale Galvanisation der neueren Autoren bezweckt ebenfalls eine Einwirkung auf die Vasomotoren des Schädelinhaltes, indem der eine Pol nächst dem Ganglion cervic. suprem. in der Fossa auriculo-maxillaris, der andere im Jugulum oder an der Halswirbelsäule auf der der Fossa entgegengesetzten Seite in der Höhe des 6.—7. Halswirbels (M. Meyer, Erb) postirt wird.

Die Behandlung des Gehirns mit centripetal wirkender Elektrisation peripherer Hautbezirke hat neuerdings durch die Mittheilungen Beard's und Rockwell's über die Wirkungen der allgemeinen Faradisation, dann durch die Beobachtungen der von

Vulpian[1]), Grasset[2]) und Rumpf[3]) mit peripherer Elektrisation erzielten Wirkungen eine grosse Bedeutung gewonnen und beansprucht die Aufmerksamkeit der Fachmänner in hohem Grade.

Es sind verschiedene Methoden der peripheren Elektrisation zum Zwecke reflectorischer Einwirkung auf das Gehirn empfohlen worden. Vulpian und Grasset reizten kleine, einige Quadratcentimeter grosse Hautstellen an der Streckfläche des anästhetischen und gelähmten Vorderarmes mit starken faradischen Strömen täglich 8—10 Minuten lang, worauf sich ziemlich rasch Bewegung und Empfindung wiederherstellte. Rumpf faradisirt Rumpf und Extremitäten mit dem Drahtpinsel.

Nach Beard und Rockwell wird, während der eine Pol sich in Form einer grossen Platte unter den Fusssohlen befindet, der andere mittelst einer breiten Schwammknopf-Elektrode oder der Hand des Arztes über die Körperoberfläche einschliesslich des Schädels geführt.

Dass die Wirkung dieses Verfahrens, besonders bei rein functionellen Störungen (Neurasthenie, Schlaflosigkeit etc.), oft recht befriedigend ist, kann ich bestätigen. Man bedient sich in meinem Institute theils einer feuchten Platte, theils eines für diesen Zweck construirten, fast handbreiten Pinsels, theils elektrischer Bürsten und Rollen von verschiedener Grösse. Auch hier gilt das oben für die feuchten Elektroden Gesagte: je grösser der Querschnitt der Contactfläche um so grösser ist die Quantität des eindringenden Stromes, um so geringer andererseits die Dichtigkeit des Stromes an jedem Punkte des Querschnittes, hier an jedem Drahtende, um so geringer ist also die Schmerzhaftigkeit des Verfahrens.

Cautelen bei der Gehirnelektrisation. Manche Menschen besitzen einen aussergewöhnlich hohen Grad von Erregbarkeit der Centralapparate wie der peripheren Theile des Nervensystems. Die Ursachen dieser Hyperästhesie sind theils in guten Leitungsverhältnissen (dünne Epidermis, gut durchfeuchtete, leicht schwitzende Haut, geringes Fettpolster), theils in der Summe von Eigenschaften, welche

---

[1]) Arch. de Physiol. norm. et pathol. 1875. p. 877.

[2]) Ibid. 1876. p. 764.

[3]) D. med. Wochenschr. 1881. 36 u. 37.

die nervöse Constitution ausmachen, zu suchen. Es ist aus diesem Grunde bei allen Personen, deren Erregbarkeit für elektrische Ströme noch nicht bekannt ist, anfänglich mit schwächsten Strömen zu operiren und vorsichtig die Stromstärke zu steigern unter steter Beobachtung der Regel, dass nur ein mässiger Schwindel beim Kettenschluss entstehen soll.

Zu einer vorsichtigen Gehirnelektrisation ist die Anwendung des Rheostaten, welcher eine allmälige Stromverstärkung ohne Unterbrechungen zu bewirken gestattet, unentbehrlich. Auch ist sorgfältig darauf zu achten, dass die Leitungsschnüre in gut leitendem Zustande sind und dass im Apparate selbst keine Störungen vorkommen können, weil Unterbrechungen des Stromes wegen der starken Lichtblitze und der fatalen Schwindelzustände und Gleichgewichtsstörungen einen sehr unangenehmen, den Kranken oft geradezu von weiterer Behandlung abschreckenden Eindruck machen. Bei vorsichtigem Ein- und Ausschleichen mittelst des Rheostaten kann man, wo es nöthig ist, ziemlich starke Ströme ohne wesentliche Unannehmlichkeiten für den Kranken einleiten. Unterbrechungen oder gar Stromwendungen absichtlich eintreten zu lassen, ist man nur in den seltensten Fällen hochgradiger Torpidität des Gehirns berechtigt, wo es sich darum handelt, plötzlich starke Erregungen des Gehirns auf ihre Wirkung zu prüfen.

Die Dauer der Durchleitung des galvanischen, wie des faradischen Stromes soll Anfangs 1—2 Minuten nicht übersteigen. Ist erst die für das betreffende Individuum passende Stromstärke festgestellt, so kann man die Durchströmungsdauer beliebig verlängern. In den meisten Fällen empfiehlt es sich, in jeder Sitzung der centralen Elektrisation eine schwache oder starke peripherische Faradisation von einigen Minuten Dauer folgen zu lassen, welche entweder allein das Hautorgan betrifft oder auch die Muskeln, welche etwa infolge der Gehirnläsion gelähmt sind.

Nach jeder Sitzung muss der Kranke mindestens eine Stunde körperliche und geistige Ruhe haben. Dass derselbe unmittelbar nach der Sitzung seinen Berufsgeschäften wieder nachgehe, wie dies bei der ambulanten Behandlung so häufig geschieht, ist entschieden zu widerrathen.

Indicationen zur Elektrotherapie der Gehirnkrankheiten.

Weitaus die besten Chancen gewähren die functionellen Neurosen des Gehirns, wenn sie noch nicht zu lange bestehen. Die cerebrale Form der Neurasthenie und der Hysterie mit ihren mannigfaltigen Symptomencomplexen (Agoraphobie, Furchtzustände anderer Art, Schwindel, Kopfschmerz, Kopfdruck, Unfähigkeit zu geistiger Arbeit, Agrypnie, melancholische Verstimmung, leichtere epileptiforme Zustände) eignen sich ganz besonders für die elektrische Behandlung, vorausgesetzt, dass die äusseren Umstände günstig sind. Erfahrungsgemäss wirkt die elektrische Behandlung rascher und dauernder, wenn die Kranken während derselben den veranlassenden oder sonstigen schädlichen Einwirkungen von Seiten des Berufes, der Umgebung u. s. w. entzogen sind. Aus diesem Grunde empfiehlt sich der Aufenthalt in günstig gelegenen und gut geleiteten Anstalten für Nervenkranke ganz besonders. Auch wird die Behandlung in bester Weise unterstützt durch milde hydrotherapeutische Proceduren (laue Bäder, laue Abreibungen), durch Massage, Gymnastik, Reiten, Bergsteigen etc.

Leider ist die Anfangs überraschende Wirkung einer solchen Behandlung gewöhnlich von nicht langer Dauer. Die Rückkehr in die alten Verhältnisse mit ihren Sorgen und Kümmernissen ist das Signal zum Beginn des Recidivs. Solche kurzdauernden Besserungen weisen leider nur zu oft diejenigen Fälle auf, in denen hereditäre neuropathische Belastung, nervöse Constitution, unheilbare körperliche Störungen (z. B. Impotenz), familiäre Dissonanzen, Nahrungssorgen, nicht zu beseitigende Berufsschwierigkeiten u. A. vorliegen. In all' diesen Fällen ist die Prognose von vornherein mit aller Reserve zu formuliren und die Wahrscheinlichkeit von Recidiven in Aussicht zu stellen, falls nicht eine radikale Beseitigung der ätiologischen Missstände durchgeführt werden kann.

Sehr gering sind die Erfolge der elektrischen Behandlung bei chronisch entzündlichen, degenerativ-atrophischen, hämorrhagisch- oder embolisch-destructiven, infectiösen und neoplastischen Processen im Gehirn und seinen Häuten (Pachymeningitis int. chron., Leptomeningitis chron. syphil., Paralysis progressiva, Sclerosis multiplex, Apoplexie und Embolie des Gehirns, Sarcome und andere Neubildungen).

Man soll freilich einen vorsichtigen Versuch mit der galvanischen Behandlung eines solchen organischkranken Gehirns auch unter so ungünstigen Umständen nicht unterlassen, da doch nicht so ganz selten eine Besserung erzielt wird, insbesondere einzelne lästige Symptome, z. B. Kopfschmerz, Schwindel, Schlaflosigkeit u. s. w. gemildert oder für einige Zeit beseitigt werden. Meistentheils indessen giebt man den Versuch bald wieder auf, da die Besserung entweder ganz ausbleibt oder, wo sie eintritt, doch nur bis zu einem gewissen Grade gedeiht, jenseits dessen die Elektrotherapie fruchtlos bleibt, ja selbst oft recht unangenehme Reizwirkungrn, z. B. permanenten Schwindel u. dgl. zu Wege bringt. Die Fälle, in denen bei effectiven Herderkrankungen des Gehirns eine erhebliche und dauernde Besserung oder gar Heilung erzielt wird — Erb hat in seiner Elektrotherapie (S. 333 ff.) eine Reihe solcher günstiger Beobachtungen verschiedener Autoren zusammengestellt — sind leider äussert spärlich und der Unzahl negativer Heilresultate gegenüber fast verschwindend.

Vor Allem häufig kommt in praxi die Indication zur elektrischen Behandlung nach Apoplexie znr Erwägung. Die Function der zerstörten Gehirnpartien wiederherzustellen, kann der Elektricität ebenso wenig gelingen, als irgend einem anderen Heilverfahren. Doch dürfen wir nicht vergessen, dass die Wirkung des apoplektischen Insultes sehr weite Kreise in die relativ gesunde Substanz hineinzieht, und dass eine günstige restituirende Einwirkung auf die letztere in der That nicht selten erzielt wird, besonders bei den nach leichteren Apoplexien und Embolien zurückbleibenden Monoplegien und anderen cerebralen Störungen. Je intensiver und extensiver die Ausfallssymptome ausgesprochen sind, um so geringer sind die Aussichten, an dem Zustande etwas zu bessern.

Die günstigen Erfolge der Elektrotherapie des Gehirns werden gewöhnlich der katalytischen Wirkung des galvanischen Stromes zugeschrieben, durch welche die Resorption der gesetzten Blutergüsse oder Exsudate, die Regulirung der Circulation und der Ernährung in der Umgebung der lädirten Gehirnpartie resp. in der letzteren selbst gefördert werden soll. Neuerdings jedoch wird der günstige Einfluss peripherer Faradisation einzelner anästhetischer Hautbezirke sowohl als ausgedehnterer Bezirke der Körperoberfläche, dann aber auch die Faradisation der gelähmten Muskeln wieder mehr hervorgehoben. Die oben erwähnten Fälle von Vulpian und Grasset, dann die von

Rumpf, Erb u. A. mitgetheilten Beobachtungen sprechen sehr zu Gunsten der Anwendung des Induktionsstromes. Derselbe würde also das Gehirn auf reflectorischem Wege beeinflussen, zu welchem Zwecke trockene Pinselungen entweder nur auf der gelähmten und anästhetischen Oberextremität (Vorderarm-Streckseite ist nach Vulpian und Grasset am geeignetsten für centripetale Stromleitungen) oder aber in ausgedehnter Weise auf Rumpf und Extremität anzuwenden sind, wobei die Oberfläche der gelähmten Glieder zu bevorzugen ist. Welche von diesen beiden Methoden der reflectorischen Gehirnelektrisation den Vorzug hat, diese Frage ist für den Augenblick nicht zu beantworten. Die Sachlage wird sich aber bei dem grossen Interesse, welches diese wichtige Frage allgemein erregt und bei der Reichhaltigkeit des für solche Zwecke nöthigen Beobachtungsmaterials voraussichtlich bald klären.

Der Induktionsstrom übt bei cerebralen Hemiplegien durch die künstliche Contraction der gelähmten Muskeln und die Mobilisirung der den Willenseinflüssen entzogenen Glieder insofern einen günstigen Einfluss aus, als Ernährung, Circulation und Wärmebildung einigermaassen aufgebessert werden und gleichzeitig die Reizungen der sensiblen Haut- und Muskelnerven reflectorisch auf die Gefässe und gangliösen Apparate des Gehirns sich geltend machen. Die anfangs erfreuliche Wirkung des Anblickes der künstlichen Muskelcontractionen auf die Psyche des Patienten ist nicht hoch anzuschlagen, da dieselbe Angesichts der fortdauernden willkürlichen Immobilität sehr bald einer entsprechenden Depression Platz macht. Besser ist schon die Nebenwirkung des Stromes auf die Gelenke, besonders der Schulter, des Ellenbogens und der Hand, welche durch die dauernde Immobilität steif und schmerzhaft geworden sind und von dem faradischen und galvanischen Strom besonders unter Mitwirkung der Massage und der passiven Gymnastik in günstiger Weise beeinflusst werden. Leider wird die immerhin schmerzhafte, peripherische Faradisation durch die charakteristische Weichmüthigkeit und Energielosigkeit der Patienten und das unzeitige Mitleid ihrer Angehörigen gewöhnlich bald sistirt, zuerst vorübergehend, dann dauernd.

Bei den sonstigen hier in Frage kommenden Herderkrankungen des Gehirns ist die Elektrotherapie nur versuchsweise anwendbar und höchstens palliativ wirksam. So z. B. bei der Bulbärkernlähmung, bei welcher, wie ich mich wiederholt überzeugt habe, der Schlingact

und auch die Function der Stimmbandmuskeln bei sonst unverändertem Krankheitsbilde wesentlich gebessert werden kann.

Der Zeitpunkt, wann mit der Elektrotherapie nach Apoplexien begonnen werden soll, ist nach dem vorliegenden Material in genereller Weise nicht zu bestimmen. Einerseits hängt viel von der Beschaffenheit des einzelnen Falles ab, und dann sind auch die Ansichten der Elektrotherapeuten selbst über diesen Punkt noch immer sehr verschieden. Trotz R. Remak's Rath, die apoplectische Lähmung so früh als möglich in galvanische Behandlung zu nehmen, um die Resorption des ergossenen Blutes und die Rückbildung der secundären Encephalitis zu befördern, hat doch der bei den Aerzten allgemein vorhandene Respect vor einer Verschlimmerung des Gehirnzustandes, Recidiven der Blutung, Schwindel bis zur Ohnmacht etc. zu der Praxis geführt, die elektrische Gehirnbehandlung nicht vor Ablauf von 3 Monaten nach Eintritt der Apoplexie zu beginnen. Ich halte diesen Termin für viel zu spät und schliesse mich den Aeusserungen zweier gewiegter Beobachter, nämlich Bernhardt's[1]) und Erb's[2]) an, welche je nach Lage des Falles mehrere (3—6) Wochen nach dem apoplektischen Insult die elektrische Behandlung zu beginnen kein Bedenken tragen. Es hängt, wie auch Erb bemerkt, ganz wesentlich von der Natur des Einzelfalles ab, ob früh oder spät begonnen werden soll. Ich halte bei schwerer Apoplexie mit ausgedehnter und nach 8 Tagen noch unverändert fortbestehender motorischer Lähmung mit Aphasie und cerebralen Reizerscheinungen 6 Wochen Zwischenraum zwischen apoplectischem Insult und Beginn der elektrischen Behandlung für das Minimum, während man bei leichter und begrenzter Lähmung, geringen Störungen in der Sphäre der Intelligenz und Psyche, schon nach 3 Wochen ohne Bedenken das Gehirn, wenn auch anfangs mit besonderer Vorsicht, elektrisch in Behandlung nehmen kann.

Die Dauer der Durchströmung des Gehirns soll anfangs nur 1—2 Minuten währen, dagegen kann die peripherische Faradisation schon 4—5 Minuten dauern. Wiederholung der Sitzung einen um den andern Tag. Bei jeder Sitzung wird mittelst Einschleichens unter sorgsamer Vermeidung von Unterbrechungen die Stromstärke gesteigert und die Beendigung durch Ausschleichen des Stromes bethätigt.

---

[1]) Elektricitätslehre f. Med. S. 3761.

[2]) Elektrotherapie. II. Aufl. S. 356.

Die elektrische Behandlung ist, wenn nicht sehr gewichtige Gründe, z. B. fortschreitende Besserung, allgemeines Wohlbehagen des Patienten, für die Fortsetzung sprechen, nach 4 bis 6 Wochen zu sistiren, und erst nach längerer Pause wieder aufzunehmen. Es giebt da mannigfache Reizungserscheinungen, z. B. Kopfschmerz, Schwindel, Schlaflosigkeit, psychische Aufregung und Reizbarkeit, welche man als Folgen der elektrischen Behandlung des lädirten Gehirns auffassen und respectiren muss. Es hängt natürlich im Einzelfalle davon ab, ob, wie bald und in welchem Grade diese Erscheinungen der „elektrischen Neurose", wie sie Engelskjön nennt, eintreten.

Die Elektrotherapie der Psychosen steht noch in den Anfängen, doch ist in den letzten Jahren das Interesse der Psychiatren für diese wichtige Frage offenbar im Steigen begriffen. Wie wir aus der ziemlich grossen Zahl casuistischer Mittheilungen in den Zeitschriften für Psychiatrie ersehen, kommt der elektrische Strom in den Irrenheilanstalten nunmehr fast überall zur Anwendung und kann wohl einer baldigen Klärung der bis jetzt sehr auseinandergehenden Meinungen über den therapeutischen Werth der Elektricität in der Psychiatrie entgegengesehen werden. Arndt[1]) ist der erste gewesen, der die Frage in methodischer Weise studirt hat. Nach seinen Publicationen sind es die leichteren Formen der psychischen Störung von kurzem Bestande und ohne wesentliche anatomische Veränderungen, welche sich für die elektrische Behandlung eignen. Alte Fälle mit bedeutenden organischen Veränderungen im Gehirn, dann Fälle mit allgemeiner psychischer Hyperästhesie eignen sich dagegen nicht für dieselbe. Der faradische Strom wird als „Reizmittel" bei einfachen Depressionszuständen in Form cutaner Faradisirung empfohlen. Der galvanische Strom dagegen wirkt umstimmend und beruhigend, schlafmachend, endlich wahrscheinlich auch katalytisch.

Die Rathschläge für die Wahl der Pole und der Stromrichtung werden so präcisirt: Bei Reizungszuständen, wie sie sich in den Anfangsstadien vieler Psychosen in den Circulations- und Respirationssystemen zeigen, passt der absteigende Strom (An am Kopf oder an der Med. oblongata); für mehr paralytische Zustände des Gefässsystems in späteren Stadien der Psychosen passt der aufsteigende

---

[1]) Die Elektricität in der Psychiatrie. Archiv f. Psych. u. Nervenkr. Bd XI. S. 259. 1870; ferner Zeitschrift f. Psych. Bd. XXVIII. u. XXXIV.

(Ka oben) Strom. Die Dauer der jedesmaligen Anwendung betrage bei kräftigem Strome 10 bis 30 Minuten. Die Behandlung erfordert, um Erfolge zu erzielen, Zeit und Ausdauer. Von verschiedenen Seiten sind die Angaben Arndt's wenigstens theilweise bestätigt worden [Schüle[1], Fr. Fischer[2], Buch[3], Tigges[4]], während andere keinen Erfolg erzielen konnten [Mendel[5]]. Tigges hat nächst Arndt wohl die günstigsten Resultate zu verzeichnen, doch scheint es sich mehr um Beseitigung einzelner peinlicher Symptome (Schlaflosigkeit, abnorme Sensationen in der sensiblen Sphäre, Gehörs- und Gesichtshallucinationen u. a.) gehandelt zu haben, als um wirkliche Heilungen. Tigges empfiehlt, im Gegensatz zu Arndt, schwache Ströme auf Kopf, Rückenmark, Sympathicus und periphere Nerven (höchstens 1—2 Milliampères) und von 1—2 Minuten Dauer. Von einer Differenz in der Wirkung der Pole konnte Tigges Nichts bemerken.

In Betreff der Methode dürfte ausser der localen Elektrisation die allgemeine Faradisation und Galvanisation sowie das elektrische Bad des Versuches werth sein. Hat doch schon Fr. Fischer die allgemeine Faradisation und Galvanisation in einem Falle von schwerer Melancholie bewährt gefunden.

Hypothesen über das „Wie" der Wirkung aufzustellen, ist zur Zeit nutzlos. Zunächst handelt es sich darum, dass von competenten, in der Elektricitätslehre genügend bewanderten Fachmännern mit möglichster Objectivität Beobachtungen in genügender Zahl gesammelt werden. Vor der Hand kann man nur soviel sagen, dass der elektrische Strom in der Psychiatrie eine Zukunft hat und eine allgemeine Anwendung in den Irrenheilanstalten verdient.

Elektrotherapie des Rückenmarks.

Die Erreichbarkeit des Rückenmarks im lebenden Menschen für percutan eingeleitete elektrische Ströme ist durch die oben erwähnten

[1]) v. Ziemssen's Handbuch d. spec. Pathologie. Bd. XVI. III. Aufl. 1886.
[2]) Arch. f. Psych. u. Nervenkr. Bd. IX. S. 176 u. Bd. XII. S. 268.
[3]) Arch. f. Psych. u. Nervenkr. 1879. Bd. XI. S. 465 ff.
[4]) Allgem. Zeitschr. f. Psych. Bd. XXXIX. 1883.
[5]) Die progressive Paralyse der Irren. Berlin 1880.

Versuche von Erb, Burckard und mir erwiesen. Ausserdem liegen von verschiedenen Autoren Beobachtungen vor, welche beweisen, dass unter besonderen Umständen durch die percutane Elektrisation des Lendenmarks excentrische Erscheinungen in den Unterextremitäten hervorgerufen werden können.

In Betreff der physiologischen Wirkungen der das Rückenmark des lebenden Menschen treffenden Stromschleifen ist bis jetzt nichts Sicheres ermittelt. Wir wissen ebenso wenig, wie der Strom auf die Nervenelemente wirkt, als wie er die Blut- und Lymphgefässe, die Ernährung und Saftströmung beeinflusst. In Betreff der Gefässe habe ich gegen die Resultate der Löwenfeld'schen Versuche schon oben meine Bedenken geäussert.

Wir müssen uns auch hier ganz offen gestehen, dass Alles, was wir von der Elektrotherapie des Rückenmarks wissen, auf rein empirischem Boden steht. Dass wir die Wirkung des Stromes auf das erkrankte Mark einmal als katalytische, das andere Mal als erregende oder beruhigende bezeichnen, ist keine Erklärung, sondern mehr ein Ausfluss des Bedürfnisses, für die unbekannten Vorgänge einen Ausdruck zu haben.

So unbefriedigend aber die physiologische Seite der Elektrotherapie des Rückenmarks ist, so erfreulich hat sich allmälig die therapeutische Seite entwickelt. Das Heilgebiet des elektrischen Stromes bei Rückenmarkskrankheiten ist nicht nur ein sehr ausgedehntes geworden, sondern es hat auch mit der Verbesserung der diagnostischen und technisch-therapeutischen Methoden mehr und mehr an Sicherheit des Erfolges gewonnen.

Methodik der Rückenmarks-Elektrisation.

Zur Anwendung können beide Ströme kommen, und zwar wird von den heutigen Elektrotherapeuten die direkte Behandlung des Rückenmarks mit dem galvanischen Strom, die peripherische (centripetale und reflectorische) dagegen mit den faradischen Strömen ausgeführt. Ob und inwieweit die Franklinisation bei den Rückenmarkskrankheiten eine Rolle spielen wird, muss die Zukunft lehren.

Nach der gangbaren Weise wird der constante Strom stabil oder labil auf die Wirbelsäule eingeleitet, und zwar wird, wenn es sich um diffuse Processe handelt entweder der eine Pol über dem Halsmark

resp. der Oblongata, der andere am Kreuzbein aufgesetzt, oder es wird die indifferente Elektrode auf das Sternum fixirt, während die differente langsam längs der Wirbelsäule hinab- und heraufgeführt wird, so dass nach und nach alle Partien des Rückenmarks eine Durchströmung in der Sterno-Vertebral-Richtung mit ziemlich gleicher Stromdichte erfahren. Auch ist von Einzelnen die labile Galvanisation der Wirbelsäule mit der sogenannten Sympathicusgalvanisation combinirt worden.

Die wichtige Frage, ob und, wenn ja, unter welchen Bedingungen die Richtung des Stromes von Belang sei, hat bisher nicht zur Entscheidung gebracht werden können. Und ebenso wenig wie von der Richtung des Stromes wissen wir von der Wirkung des einzelnen Pols am Rückenmarke. Es bleibt also für den, der nach Klarheit in dieser Frage sucht, nichts anderes übrig, als der therapeutische Versuch mit den verschiedenen Methoden der Application und zwar in der Weise, dass dieselben nicht ohne Ordnung promiscue angewendet werden, sondern dass jede Methode allein und so lange angewendet wird, bis man ein Urtheil über die therapeutischen Effecte gewonnen zu haben glaubt.

Was Grösse und Form der Elektroden anlangt, so kann ich bei diffusen Processen mit Längsausbreitung durch einen grossen Theil des Rückenmarks (Neurasthenia spinalis, dann Tabes u. A.) die Wahl sehr langer, schwach gebogener Elektroden empfehlen, welche zusammengenommen fast die ganze Wirbelsäule bedecken. Die Durchströmung des Markes wird auf diese Weise eine vollständigere, und was die Stromdichte anlangt, eine gleichmässigere sein, als bei der Application zweier kleiner Platten am Nacken und am Kreuzbein. Bei letzterer Applicationsweise ist natürlich die Stromdichte in der Nähe der Elektroden eine relativ grosse, um mit der Entfernung von der Einleitungsstelle rasch abzunehmen. So wird das Mark in der Nähe der Platten mit grosser Dichte, die inzwischen liegende Markmasse aber nur von sehr schwachen Stromschleifen getroffen. Die therapeutische Wirkung der Durchströmung mittelst der „Riesenplatten“ ist auch, subjektiv und objectiv betrachtet, eine bessere.

Bei Herderkrankungen des Marks mit constatirbarem Sitz der Herde ist eine mittelgrosse Elektrode, welche den Herd deckt, auf letzteren zu appliciren und die andere Elektrode als grosse Platte

auf der vorderen Körperseite (Brust, Bauch) in entsprechender Höhe anzubringen (Querdurchströmung).

In derselben Weise ist auch gegen die Schmerzpunkte an der Wirbelsäule vorzugehen. Erweist sich der galvanische Strom nicht als wirksam, so ist die cutane Pinselfaradisation mit steigender Stromstärke oft von guter Wirkung, besonders bei der hysterischen Rachialgie.

Indicationen zur Elektrotherapie der Rückenmarkskrankheiten.

Die besten Erfolge erzielt man auch beim Rückenmark wie beim Gehirn bei den sog. functionellen Störungen, bei denen gröbere anatomische Veränderungen nicht angenommen werden können. So bei der sog. Spinalirritation, bei der spinalen Form der Neurasthenie, bei hysterischer Paraplegie und Paraparese, spinaler Muskelschwäche mit Parästhesien, Railwayspine, Rachialgie der Hysterischen mit den exquisiten Schmerzpunkten u. A. Hier ist die Galvanisation mit Riesenplatten subjectiv meist von höchst angenehmer Wirkung und auch objectiv gewöhnlich von Besserung gefolgt, besonders wenn in zweckmässiger Weise der Induktionsstrom in Form allgemeiner Hautreizung an den (parästhetischen) Unterextremitäten durch breite Pinsel- oder Bürstenelektroden oder auf den Schmerzpunkten an der Wirbelsäule mittelst metallischer Rundpinsel mit auf- und absteigender Stromstärke hinzugefügt wird.

In einem Falle wirkt die Galvanisation des Rückenmarks, in einem anderen die Faradisation der peripherischen Nerven besser. Ob dies lediglich auf individuellen physiologischen oder pathologischen Bedingungen beruht, steht dahin. Jedenfalls sollte im Einzelfalle immer zuerst jede Methode für sich geprüft werden, und das Resultat dieses Versuches für die weitere Behandlung maassgebend sein. Die allgemeine Faradisation von Beard und Rockwell passt, wie es scheint, auch für solche functionelle Neurosen des Rückenmarks, ebenso auch vielleicht das elektrische Bad.

Eine besondere Besprechung verdienen die chronischen Erkrankungen der Medulla oblongata, als deren Prototyp die Oblongatakernlähmung (Bulbärkernlähmung, Paralysis glosso-pharyngo-

laryngo-labialis) hervorgehoben werden mag Die Aussichten sind bei dieser Affection ja leider nur äussert traurige und doch möchte ich die elektrische Behandlung bei derselben ebenso wenig wie bei der Oblongatasclerose und bei den Oblongatatumoren entbehren. Die beruhigende und zugleich functionsaufbessernde Wirkung des Stromes tritt in manchen Fällen nach jeder Sitzung ganz augenfällig in die Erscheinung. Sie ist natürlich keine dauernde; immerhin ist aber den bedauernswerthen Patienten mit einer geringen, wenn auch kurzdauernden Besserung ihres Schlingvermögens, ihrer Phonation etc. schon viel genützt.

Die Methode der Behandlung ist die centrale galvanische — ein Pol in den Nacken, der andere an den vorderen Umfang des Halses mit wiederholtem Wechsel der Stromrichtung (wobei dann zugleich die peripherische Galvanisation des Schling- und Phonationsapparates einbegriffen wird). Hierzu kommt in zweiter Linie eine peripherische der afficirten Gehirnnervenausbreitung, nämlich des Nervmuskelsystems der Zunge, des Pharynx, des Larynx, der Lippen sowohl mit dem galvanischen, als mit dem faradischen Strom. Mit Vortheil, wie ich glaube, habe ich bei der Oblongata- und Halsmarkelektrisation die „Cravatten"-Elektrode angewendet, welche oben beschrieben ist.

Wie Bernhardt bei der progressiven Muskelatrophie mit Recht vor zu starken Strömen warnt, so muss ich auch bei der Oblongatakernlähmung bei welcher die Erschöpfbarkeit der betheiligten neuromotorischen Apparate einen enormen Grad erreicht und complete Lückenreaction darbieten kann, diese Warnung besonders betonen.

Wo sich progressive Muskelatrophie mit der Oblongatakernlähmung combinirt, wird selbstverständlich das Gebiet der spinalen wie der peripherischen Elektrisation viel extensiver.

Von sonstigen anatomischen Störungen sind die chronisch-entzündlichen und degenerativ-atrophischen Systemerkrankungen, vor Allem die Tabes am häufigsten Gegenstand elektrischer Behandlung. Sie ist galvanisch mit grossen Platten central stabil und labil mit Quer- und Längsdurchströmung, dann aber auch peripherisch sowohl galvanisch, als auch mit faradischen Pinseln und Bürsten zu behandeln. Diese peripherische faradische Behandlung hat sich hauptsächlich auf diejenigen Regionen zu erstrecken, welche Sitz von Neuralgien und Parästhesien sind, vor Allem auf die Peroneusgebiete,

ohne jedoch den Rumpf zu vernachlässigen, falls sich hier Zeichen von Functionsdefecten geltend machen.

Die Sitzungen sollen anfangs jeden zweiten Tag, später täglich stattfinden, im Ganzen 4—6 Minuten nicht überschreiten und in gut gewärmten Räumen (wegen der längeren Entblössung des Körpers und der oft grossen Empfänglichkeit für Erkältungen) stattfinden.

Die Wirkung ist eine ausserordentlich verschiedene, je nach dem Stadium des Processes, der Individualität des Kranken und der gewählten Behandlungsmethode. Zweifellos am günstigsten wirkt der Strom bei ziemlich frischer Tabes (neuralgisches Stadium), noch geringen Störungen in der Coordination und in der Accommodation, auch wenn die Störungen Seitens des Ortssinns, der Schmerzleitung und der Sehnenreflexe schon beträchtlich sind. Hier sieht man im Anfang der Behandlung oft gute Erfolge, nicht blos nach der subjectiven Empfindung des Kranken beurtheilt, sondern objectiv messbar an der Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Unterextremitäten, auch in complicirteren Bewegungen (auf den Stuhl steigen), in der Regelung der Function der Blase, des Magens etc.

Leider bleibt diese Besserung gewöhnlich nicht lange, sondern macht früher oder später einer Verschlimmerung Platz. Möglich, dass in manchen Fällen die Verschlimmerung auf einer zu lange fortgesetzten Elektrisation oder auf der Anwendung zu starker Ströme beruht. In allen Fällen ist es rathsam, nach 4—6wöchiger Anwendung des elektrischen Stromes eine mehrwöchige Pause zu machen, um die Wirkungen etwaiger „elektrischer Uebersättigung" verschwinden zu lassen.

Im Interesse der Kranken (aber freilich nicht im Interesse eines sicheren Urtheils über den Erfolg der Elektrotherapie) liegt es, neben der Anwendung des Stromes sonstige empirisch wirksame Proceduren und Agentien (Lauwasserproceduren, Argent. nitric., antisyphilitische Curen) einwirken zu lassen, was wiederum am besten in gut geleiteten Anstalten und Curorten geschieht, in denen der Kranke, abgelöst von den Fesseln körperlicher und geistiger Berufsthätigkeit, von etwaigen deprimirenden Gemüthseindrücken von Seiten der Familie oder der Gesellschaft etc. ganz seiner Gesundheit lebt. Freilich ist es bei solchen Curen nicht mit den herkömmlichen 4 Wochen gethan, vielmehr sind zu einem wirklich durchschlagenden Erfolge oft ebenso viele Monate erforderlich.

Die Tabesbehandlung kann als Typus für die Elektrotherapie der übrigen mehr oder weniger gekannten diffusen Systemerkrankungen des Rückenmarks gelten. In analoger Weise ist die spastische Spinallähmung sowie die amyotrophische Seitenstrangsclerose zu behandeln.

Die herdförmig auftretenden Systemerkrankungen, besonders die Entzündungen und degenerativen Atrophien in den grauen Vordersäulen erfordern dagegen eine möglichst directe Beeinflussung der Localstörung, soweit dieselbe sich auf Grund der klinischen Erscheinungen umgrenzen lässt.

Hierher gehört vor Allem wegen ihrer Häufigkeit und einschneidenden Bedeutung für das ganze Leben der Patienten die Poliomyelitis anterior acuta mit ihren Folgezuständen. Nächst der Tabes ist die spinale Kinderlähmung wohl am häufigsten Gegenstand elektrischer Behandlung.

Die motorische Lähmuug kommt in vielen Fällen sehr bald nach ihrem Eintritt in Behandlung, in anderen Fällen erst spät, nachdem die Atrophie in den paralysirten Muskeln schon einen hohen Grad erreicht hat. Die elektro-diagnostische Untersuchung ergiebt in den frischen Fällen beginnende oder schon vollentwickelte Entartungsreaction[1]), in älteren Fällen dagegen die Entartungsreaction in ihren Ausgängen oder Mangel jeder Erregbarkeit. Die Entartungsreaction ist übrigens nicht immer eine complete, sondern kann auch in ihrer Mittelform auftreten, wie ich mit Fr. Müller[2]) bestätigen kann. Endlich findet man im Anfang in denjenigen Muskeln, deren Lähmung sich später als eine bald zur Rückbildung kommende herausstellt, normale Reaction oder einfache Herabsetzung der faradischen Erregbarkeit (ohne Steigerung der galvanischen Erregbarkeit im Muskel, träge Zuckung etc.). Duchenne[3]) hatte die prognostische Bedeutung des Grades des faradischen Erregbarkeitsverlustes (welcher, wie wir heute wissen, einen Theil des Gesammtbildes der Entartungsreaction darstellt) bereits richtig erkannt. Er fixirt auf Grund seiner reichen Erfahrung den Eintritt des vollkommenen faradischen Erregbarkeitsverlustes auf den 7. bis 8. Tag, doch fand er in einem Falle schon am 5. Tage nach dem Eintritt der Lähmung die faradiscne Erregbarkeit bedeutend her-

---

[1]) Salomon, Jahrb. f. Kinderheilkunde etc. 1868. S. 370.

[2]) Die acute atrophische Spinallähmung der Erwachsenen. 1880.

[3]) l. c. III. Aufl. 1872. p. 397.

abgesetzt. Je geringer die Herabsetzung der faradischen Erregbarkeit, um so schneller erlangen die Muskeln nach Duchenne ihre Motilität wieder.

Diese prognostisch so wichtigen Anhaltspunkte sind nun durch die übrigen Zeichen der Entartungsreaction zu vervollständigen und dahin zu erweitern: Je weniger man bei der Untersuchung in der 2. Woche und später die faradische Erregbarkeit im Nerven und Muskel (mit oder ohne die übrigen Erscheinungen der Mittelform) gesunken findet, um so schneller erlangen die gelähmten Muskeln ihre Motilität wieder. Je vollständiger dagegen das Bild der schweren Form der Entartungsreaction in ihren Endsymptomen (fast vollständiges Erloschensein auch der galvanomuskulären Erregbarkeit, hochgradige Atrophie etc.) entwickelt ist, um so unwahrscheinlicher wird die vollständige Beseitigung der Lähmung in den so schwer betroffenen Muskeln.

Anfangs findet man in dem oft sehr umfangreichen Lähmungsgebiete alle Reactionsformen und erst nach Wochen schält sich der „eiserne Bestand“ der Functionsstörung heraus. Ein Muskel nach dem andern wird dem Willen wieder unterthan, aber einer oder mehrere Muskeln, in denen sich in der 3. Woche die Entartungsreaction vollständig ausgebildet zeigt, bleiben unheilbar gelähmt und atrophisch. Prädilekt sind in dieser Beziehung gewisse Nervenprovinzen, der Hals- und Lendenmarksanschwellung entsprechend, vor Allem im Gebiete des Plexus brachialis der N. axillaris (M. deltoideus), seltener N. radialis, und im Gebiet des Plexus sacralis der N. peroneus (M. tibialis antic. und extensor hallucis long.). In letzterem Gebiete kommen die atrophischen Spinallähmungen viel zahlreicher zur Beobachtung, als in allen anderen, wenngleich man sie in allen Gebieten der Spinalnerven zu sehen Gelegenheit hat, nicht nur an den Extremitäten, sondern auch am Rumpf.

Selbstredend muss eine frühzeitig begonnene elektrische Behandlung viel günstigere Resultate ergeben, als eine spät begonnene, da wir in ersterem Falle sämmtliche temporär gelähmte Muskeln (mit ihren nahezu normalen elektrischen Erregbarkeitsverhältnissen oder höchstens mit der Mittelform der EaR) mit in die Behandlung einbeziehen. Der Einwand liegt ja nahe, dass die günstige Wirkung der Elektrotherapie bei frischen poliomyelitischen Lähmungen nur eine scheinbare sei, da sie auf Rückenmarks- und Nervenmuskelgebiete angewendet werde, welche auch ohne alle Be-

handlung zur Norm zurückgekehrt sein würden. Dieser Schluss ist in gewisser Weise berechtigt, aber doch nicht allgemein gültig, da wir anzunehmen berechtigt sind, dass entzündliche und trophische Störungen im Rückenmark durch den elektrischen Strom in günstiger, die Rückbildung zum Normalzustande befördernder Weise beeinflusst werden können. Ja es ist sogar nicht unmöglich, dass die Extensität des irreparableu Degenerativ-Defectes im Rückenmark bei frühzeitigem Beginne der Behandlung beschränkt werden kann. Auch ist es nicht zu leugnen, dass die Atrophie der Muskeln selbst bei vollständig ausgebildeter Entartungsreaction durch den constanten Strom, besonders durch häufige Stromwendungen einigermaassen hintangehalten werden kann, auch wenn dadurch schliesslich das ungünstige Ende des Muskels nicht verhütet werden kann. So wenig wir also in Anbetracht der schweren anatomischen Störungen in den grauen Vordersäulen zu sanguinischen Hoffnungen betreffs der Heilwirkung der Elektrotherapie der Poliomyelitis acuta berechtigt sind, so muss man dieselbe doch so früh als möglich und so consequent als möglich anwenden. Selbst bei schon jahrelang bestehenden atrophischen Spinallähmungen habe ich in einzelnen Fällen von dem eisernen Bestande der Functionsstörung noch Einiges ablösen und zur Norm zurückführen können. In der Mehrzahl solcher alten Fälle allerdings ist die Lähmung und Atrophie von einer solch verzweifelten Constanz, dass nach mehrmonatlicher Behandlung der fleissigste Arzt erlahmt und die vernünftigste Mutter das Vertrauen verliert und sich anderen Behandlungsmethoden zuwendet oder sich dem puren Nihilismus hingiebt.

Methode. Zu empfehlen sind grosse Elektroden, welche die erkrankte Rückenmarkspartie einerseits und die atrophischen Muskeln andererseits möglichst bedecken. In jeder Richtung sind beide Ströme nacheinander anzuwenden; und zwar der faradische auch dann, wenn der Muskel für denselben ganz reactionslos ist, da doch die centripetalen Wirkungen auf die motorischen und trophischen Centren fortbestehen. Vom constanten Strom wird der eine Pol auf die erkrankte Markpartie aufgesetzt, der andere auf die entsprechende vordere Rumpfpartie, dann auf die Gegend des in Frage stehenden Plexus, endlich auf die gelähmten Nerven und Muskeln. Bei älteren Fällen, wo die Erregbarkeit gewöhnlich auch für den constanten Strom sehr beträchtlich herabgesetzt ist, empfehlen sich öftere Stromwendungen wegen ihrer kräftig erregenden Wirkung.

Die Schwierigkeiten, welche sich der elektrischen Behandlung bei

Kindern entgegenstellen, sind schon bei der Elektrodiagnostik ausgeführt. Die Schmerzhaftigkeit des Verfahrens wird durch grosse Platten, gute Polsterung und starke Anfeuchtung derselben mit sehr warmem Wasser, endlich durch kräftiges Aufsetzen bei gut fixirter Extremität gemildet. Auch lehrt die Erfahrung, dass Strenge und Consequenz Seitens des Arztes auch bei anfangs störrischen Kindern oft den Widerstand überwindet. Die empfindsamen Mütter sind schlimmer als die zappelnden und brüllenden Kinder selbst.

Selbstverständlich darf man neben der elektrischen Behandlung auch die übrigen, bewährten Maassnahmen (Massage, Frictionen, Jodsalzbäder, maschinelle Behelfe, Ersatz des Wachsthumsdefectes durch eine dicke Sohle etc.) nicht vernachlässigen.

Die Poliomyelitis subacuta und chronica der Erwachsenen wird nach denselben Gesichtspunkten und mit derselben Methode behandelt. Dass die Aussichten für die Elektrotherapie bei diesen Formen im Allgemeinen günstiger in Bezug auf vollständige Heilung sehr verbreiteter und ascendirender Lähmungen sind, als die acute Form im Kindesalter, ist wohl von allen Neurologen anerkannt. Doch möchte ich rathen, auf alle Fälle mit der Prognose vorsichtig zu sein, da ich kürzlich einen Fall von subacuter ascendirender Poliomyelitis bei einem 12jährigen Mädchen nach mässigem Bestande durch Oblongataaffection habe tödtlich enden sehen. Die anatomische Degeneration der grauen Vordersäule zeigte sich hier in colossaler Ausdehnung.

Die Wirkung der elektrischen Behandluug ist in den meisten Fällen, wie die Beobachtungen von Bernhardt, Erb, Stintzing[1]) u. A. lehren, eine sehr augenfällige, so dass an einem effectiv günstigen Einfluss des Stromes nicht gezweifelt werden kaun. Man wird am besten thun, die elektrische Behandlung so früh als möglich zu beginnen und mit zeitweiligen Pausen durch Monate fortzusetzen.

Die progressive Muskelatrophie ist ebenfalls häufig Gegenstand elektrischer Behandlung, leider gewöhnlich ohne bemerkbare Erfolge, wenigstens bei der generalisirten Form. Bei der localisirten Form, welche vielfach neuritischen Ursprungs zu sein scheint und überhaupt eine günstigere Prognose bietet, ist ein Einfluss auf Volumszunahme

[1]) Aerztl. Intelligenzbl. No. 41 42. 1885.

und Leistungsfähigkeit der noch nicht vollkommen atrophischen Muskeln nicht zu verkennen und darf das Stabilbleiben mancher Fälle wohl auf Rechnung des elektrischen Stromes gesetzt werden.

Der diagnostische Befund ist meist einfache und gleichmässig fortschreitende Herabsetzung der Erregbarkeit für beide Ströme, sowohl im Nerv als im Muskel. Doch kommen nach neueren Beobachtungen [Erb[1]), Benedikt[2]), Bernhardt[3]) u. A.] verschiedenartige und zum Theil ganz eigenthümliche Reactionserscheinungen vor, welche noch nicht genügend verständlich sind. Vor Allem ist es die Entartungsreaction, welche Erb im späteren Stadium der Muskeldegeneration als regelmässiges Phänomen der typischen Erkrankungsform und zwar in solchen Muskeln nachgewiesen hat, welche ziemlich rasch und in mehr acuter Weise degeneriren. Es scheint von der der progressiven Muskelatrophie eigenthümlichen Art des Fortschreitens der Degeneration, von der Mischung mehr oder weniger degenerirter Fasern mit gesunden, von dem numerischen Vorwalten der gesunden oder kranken Fasern abzuhängen, ob und in welchem Grade Ea R auftritt. Anfänglich besteht nur partielle Ea R, bei weiter entwickelter Degeneration das vollständige Bild der Ea R. Nach Erb ist diese Erscheinung am häufigsten in den kleinen Handmuskeln, zuweilen aber auch an den Muskeln des Armes und der Schulter zu constatiren.

Die Thatsache des Vorkommens der Ea R steht ja fest, doch muss hervorgehoben werden, dass dieselbe weder häufig noch sehr augenfällig ist, sondern selten und nur bei aufmerksamer Untersuchung in Erscheinung tritt.

Ausserdem sind nun noch folgende Eigenthümlichkeiten beobachtet. Von Benedikt die sog. Lückenreaction als Reactionsform der leicht erschöpfbaren Nervenfaser. Letztere reagirt nach mehrmaliger Elektrisation auf eine Anfangs Contraction erregende Stromstärke nicht mehr, sondern bedarf fort und fort einer Steigerung der Stromstärke, um die immer wieder enstehende Lücke in der Reaction zu decken.

Ferner wurde ebenfalls von Benedikt eine convulsible Reaction beschrieben, d. i. eine allmälige Zunahme der Energie der

---

[1]) Elektrotherapie. S. 388.

[2]) Nervenkrankheiten und Elektrotherapie. 1876.

[3]) Zeitschr. f. klin. Med. V. 1. 1882 u. Elektricitätslehre u. Elektrotherapie. S. 300.

Contraction während des Durchströmtwerdens bis zum Auftreten convulsivischer Contractionen.

Endlich wurde in der neuesten Zeit von Bernhardt (l. c.) im erkrankten Ulnarisgebiete eine prompte und blitzartige faradische Reaction bei directer und indirecter Reizung, gleichzeitig aber auch Erhöhung der Erregbarkeit in Nerv und Muskel für den constanten Strom beobachtet. Die normale Zuckungsformel war ganz verändert: es erfolgten der Reihe nach zuerst An SZ, dann Ka OZ, dann erst An OZ und Ka SZ, letztere Beiden wohl auch in umgekehrter Reihenfolge. Leegaard hat (l. c.) übrigens solche abnorme Reactionsformen experimentell einige Male erzeugt. Stintzing[1]) hat bei progressiver Muskelatrophie erhebliche Steigerung der faradischen und galvanischen Erregbarkeit in noch nicht atrophischen Gebieten beobachtet.

Erwähnung verdient ferner die verschiedene faradische Reaction eines und desselben Nervenstammes entsprechend der Abnahme der Zahl der erregbaren Fasern nach der Peripherie zu. Erb beobachtete am N. medianus und ulnaris, dass die faradische Erregbarkeit, welche sich am Ellenbogen noch relativ gut erwies, am Handgelenk erloschen war. Ich erwähne weiter die faradische Ea R (E. Remak), welche in einer langsam und absatzweise erfolgenden Zuckung durch den faradischen Strom besteht. Endlich ist von verschiedenen Autoren Ea R in Muskeln beobachtet worden, welche gar nicht gelähmt waren.

Diese Reactionsformen, welche in analoger Weise zum Theil auch bei der Bleilähmung und spinalen Kinderlähmung beobachtet werden, sind in ihrer Bedeutung noch nicht vollständig klargelegt. Augenblicklich ist man nicht berechtigt, aus ihnen mehr zu erschliessen, als die neurotische (peripherische oder spinale) Natur der Störung, da bei primärer (nicht neurotischer) Muskeldegeneration bisher Nichts von Ea R beobachtet wird. Doch entbehrt auch dieser Schluss nach der neuesten Arbeit Gessler's der absoluten Beweiskraft.

Methode. Beide Ströme kommen auch hier in jeder Richtung nacheinander zur Anwendung. Der constante Strom wird vornämlich central applicirt, d. h. der eine Pol auf die Oblongata und das Halsmark, der andere auf die vordere oder seitliche Halsregion, dann auf das Lendenmark, endlich auf den Plexus, die peripheren Nervenstämme und Muskeln. Der faradische Strom dient nur zur peripheren Erregung

---

[1]) D. Archiv f. klin. Med. Bd. XXIX. S. 127—129.

der Haut und der Muskeln, doch wird von manchen Autoren (Bernhardt u. A.), denen ich durchaus zustimme, vor der Anwendung zu starker Ströme als erschöpfend auf die Muskeln wirkend gewarnt. Trotz der grossen Extensität des pathologischen Gebietes darf die einzelne Sitzung nicht über 10 Minuten ausgedehnt werden. Wiederholung täglich oder einen um den anderen Tag. Nach 6—8 Wochen soll eine mindestens 4 wöchige Pause eintreten.

Die juvenile Form der progressiven Muskelatrophie Erb's, welche die Muskulatur am Rumpf, Schulter, Oberarm, Gesäss und Oberschenkel afficirt und aus der Jugend stammt, zeigt nach Erb's Beobachtungen die Entartungsreaction niemals, sondern nur einfache, dem Grade der Atrophie entsprechende Herabsetzung der Erregbarkeit für beide Stromesarten. Die Methode der elektrischen Behandlung der juvenilen Form ist der der typischen Form analog.

Die Pseudohypertrophie der Muskeln bietet in den monströs verdickten Muskeln des Gesässes und der Beine sowohl, als in den bereits hochgradig atrophischen der Oberextremitäten und Schultern nur einfache, mehr oder weniger bedeutende Herabsetzung der elektrischen Erregbarkeit für beide Ströme, aber keine EaR. In dieser Beziehung kann ich auf Grund eines relativ grossen Beobachtungsmaterials (ausser den von meinen Schülern Heller[1]), Kyrieris[2]) und Stintzing[3]) publicirten Fällen habe ich noch mehrere in der Privatpraxis untersucht) hier den Befund anderer Autoren durchaus bestätigen.

Die elektrische Behandlung erweist sich hier nicht ganz wirkungslos und darf desshalb nicht unterlassen werden, weder die centrale Galvanisation, welche in einzelnen Fällen (C. W. Müller l. c. S. 125) entschiedenen Nutzen gewährte, noch die periphere Faradisation und Galvanisation, welche in anderen Fällen nützte. In einem z. Z. in meinem klinischen Institute von Dr. Stintzing behandelten prägnanten Falle bei einer jungen Lehrerin hatte starke periphere Elektrisation (Farad. RA = 0, Galvan. $\frac{20-25 \text{ MA}}{20}$ labil mit häufigen Unterbrechungen und Wendungen) schon nach einigen Sitzungen eine

[1]) D. Archiv f. klin. Med. Bd. I. S. 616. Bd II S. 603.
[2]) Annalen der Münchener Krankenhäuser. Bd. II. S 583.
[3]) D. Archiv f. klin. Med. Bd. 39. S 134.

entchiedene Besserung der Funktion gewisser Muskelgruppen zur Folge.

Die echte Muskelhypertrophie mit Muskelsteifigkeit, welche von Thomsen[1]) zuerst beschrieben und seitdem von verschiedenen Autoren [Seeligmüller[2]), Bernhardt[3]), Peters[4]), Strümpell[5]), Westphal[6]), Erb[7]) u. A.] gesehen worden ist, — mir ist auch ein Fall, aber leider nur cursorisch zur Beobachtung gekommen, — bietet nach den wenigen bisher vorliegenden Beobachtungen zu urtheilen, keine günstigen Chancen für die elektrische Behandlung.

Die multiple Sclerose, sowohl die einfache spinale, als die cerebrospinale ist ebenfalls oft Gegenstand elektrischer Behandlung gewesen. Dieselbe muss aber nach meinen Beobachtungen als fast ganz ganz unwirksam bezeichnet werden. Ich habe die elektrische Behandlung einer ziemlich grossen Zahl multipler Sclerosen zu verfolgen Gelegenheit gehabt, kann aber den Erfolg höchstens als einen palliativ-symptomatischen bezeichnen, insofern einzelne Symptome vorübergehend gebessert werden. Nicht einmal ein Stillstand konnte erzielt werden. Möglich, dass wie bei der Tabes die Resultate besser sein würden, wenn man die Kranken in einem früheren Stadium der Krankkeit, als es gewöhnlich der Fall ist, zur Behandlung bekäme.

Die Methode ist eine vorwiegend centrale. Ein Pol bei cerebrospinalen Sclerosen auf Oblongata, der andere zuerst an die Stirn, dann abwärts auf das Brust- und das Lendenmark, mit häufigem Wechsel der Stromesrichtung und zwar stabil und labil. Daneben auch Localbehandlung der afficirten Gehirnnervengebiete.

Die Seitenstrangsclerose (spastische Spinallähmung), sowie die amyotrophische Lateralsclerose werden nach denselben allgemeinen Gesichtspunkten behandelt, ebenso die subacute und chronische Myelitis und Meningomyelitis in ihren verschiedenen ätiologischen und anatomischen Formen.

---

[1]) Arch. f. Psych. Bd IV. 1876. S. 702. Erlenmeyer's Centralbl. No. 9. 1885.

[2]) D. med. Wochenschr. 1876. S. 389.

[3]) Virchow's Archiv. Bd. 75. 1879. Erlenmeyer's Centralbl. No. 6. 1885.

[4]) D. militärärztliche Zeitschr. 1879 2.

[5]) Berliner klin. Wochenschr. 1881. No. 9.

[6]) Sitzungsbericht der Berliner Gesellschaft f. Psychiatrie etc. 9. Mai 1881 und Berliner med. Gesellschaft. 31. Jan. 1883 Berliner klin. Wochenschr. No. 11. 1883.

[7]) Neurologisches Centralbl. 1885. No. 13.

Etwas Generelles über die Wirkung der methodischen Elektrisation bei der Myelitis zu sagen, ist kaum möglich, da sich die einzelnen Fälle theils nach Sitz und Art der histologischen Veränderung, theils nach der Natur und Intensität des causalen Momentes ausserordentlich verschieden verhalten. Soviel kann jedoch jedenfalls behauptet werden, dass ein methodischer und umsichtiger Versuch mit der Galvanisation auch in subacut verlaufenden Fällen durchaus angezeigt und oft von entschieden günstigem Erfolge begleitet ist.

Eine besondere Berücksichtigung erfordert hier bei der Elektrisation die in manchen Fällen so hochgradig gesteigerte Reflexerregbarkeit. Bei Patienten, bei denen jede Bewegung der Extremität, jede Drehung des Rumpfes Reflexkrämpfe in den Unterextremitäten hervorruft, muss diesem Umstande bei der Elektrisation in der Weise Rechnung getragen werden, dass jede Bewegung des Körpers vermieden und die Elektrisation in der Weise ausgeführt wird, dass die grosse Spinalelektrode (mit seitlich angebrachter glatter Klemmschraube und nur schwach gebogen) dem Kranken bei unveränderter Rückenlage unter die Wirbelsäule geschoben und die andere Elektrode in Form einer fusslangen, rinnenförmig gebogenen Platte auf eine Extremität nach der anderen, sowie auch auf den Unterleib applicirt wird. Die Elektrodenplatten müssen sehr gut gepolstert und gut warm angefeuchtet werden.

Bei der subacuten und chron. Myelitis zeigt sich die unmittelbare, functionsbessernde Wirkung des Stromes auf das Rückenmark oft in prägnanterer Weise als irgendwo anders. In Fällen von Myelitis universalis progressiva oder von Myelitis transversa, wo die willkürliche Beweglichkeit der Unterextremität fast auf Null gesunken ist, sieht man nach der Galvanisirung des Rückenmarks und der Extremitäten nach der obigen Methode oft eine, wenn auch nur kurzdauernde Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Beine auf Willenseinflüsse, welche ganz überzeugend ist. Der Patient, der vorher das Bein vielleicht eine leise Zehenbewegung ausgenommen nicht von der Stelle rühren konnte, ist nach der Galvanisation nicht selten im Stande, das Bein vom Bette etwas zu erheben oder Oberschenkel und Unterschenkel zu beugen. Eine so grosse Leistung ist allerdings gewöhnlich nur einmal möglich: der künstliche Elan erschöpft sich rasch. Immerhin sieht man an solchen Beobachtungen, wie gross der Einfluss des elektrischen Stromes auf die Nervenelemente des Rückenmarks und ihre Function ist. Ins-

besondere kann die Leitungsfähigkeit der motorischen Nervenbahnen im Marke auch bei schweren und unveränderlichen anatomischen Läsionen vorübergehend der Art gebessert werden, dass Impulse zur Peripherie gelangen, welche ohne die functionsbessernde Wirkung der Elektricität die in Mitte liegenden Hindernisse nicht überschreiten können.

Selbstverständlich sind diese Erfolge nicht überall zu beobachten, In schweren Fällen von Compressionsmyelitis (durch Sarcom oder Carcinom der Wirbelkörper oder der Dura, Spondylitis etc.), überhaupt da, wo durch complete Erweichung der Markmasse aller und jeder Willenseinfluss auf die Unterextremitäten aufgehoben ist, kann natürlich von einer auch nur kurz dauernden Besserung der motorischen Leitung nicht die Rede sein. Aber auch in solchen, ganz aussichtslosen Fällen ist die Anwendung des galvanischen Stromes doch nicht zu unterlassen, und zwar vornämlich wegen der oft günstigen Wirkungen auf die sensiblen und Reflexapparate.

Ganz besondere Sorgfalt ist hier auf Grösse, Form und Anpassung der Elektroden an die Wirbelsäule zu verwenden. Je genauer und ausgedehnter die Elektrode die afficirten Wirbel- resp. Rückenmarkspartie berührt resp. bedeckt, um so besser ist der Effect.

Die Paralysis ascendens acuta scheint nach den vorliegenden Beobachtungen wenigstens im Stadium der Reconvalescenz der Elektrotherapie sehr zugänglich zu sein. Bei der Dunkelheit des ganzen Processes und seines Verhältnisses zur acuten Myelitis progressiva sowie zur Poliomyelitis anterior subacuta ascendens ist es gerathen, vorderhnnd weitere Beobachtungen abzuwarten.

Der Tetanus traumaticus und rheumaticus wurde neuerdings wiederholt methodisch der galvanischen Behandlung unterzogen und haben insbesondere die Beobachtungen von Legros und Onimus[1], sowie von Mendel[2]), in denen günstige Erfolge erzielt wurden, seiner Zeit allgemeine Aufmerksamkeit erregt.

---

[1]) Traité de l'Électricité médicale. Paris 1872. p. 275.

[2]) Berliner klin. Wochenschr. 1868. 38, 39.

Elektrotherapie der peripherischen Nerven.

Die Erkrankungen der peripherischen Nerven sind nicht blos wegen ihrer relativen Häufigkeit, sondern mehr noch vermöge der meist oberflächlichen Lage der Nerven und ihrer Zugängigkeit für experimentelle Studien ein beliebtes und fruchtbringendes Object der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie geworden. Die Studien, welche man an peripherischen Lähmungen machte, waren vielfach anregend und, was die Methode betrifft, maassgebend für manche Studien der Erscheinungen an den nervösen Centralapparaten. Die Ergebnisse der mit regstem Interesse von Seiten der Neurologen cultivirten Untersuchungen von Erkrankungen des peripherischen Nervensystems sind auf dem Gesammtgebiete der Neuropathologie weitaus die exactesten und einwurfsfreiesten. Die Verhältnisse liegen ja auch für das Experiment, für die anatomische Untersuchung, für das physiologische Verständniss, wie für die klinische Beobachtung nirgends so verhältnissmässig einfach und durchsichtig, als an den peripheren Nerven. Es waren Anfangs vornämlich die rheumatischen und traumatischen Lähmungen der motorischen und gemischten Nervenstämme, welche durch die Bedeutung der gesetzten Functionsstörung und durch die überraschenden Complexe der elektrischen Reactionserscheinungen die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich zogen. Verfügte man doch hier auch bereits über eine Reihe pathologisch-histologischer Untersuchungen über die Degenerationsverhältnisse nach Nervendurchschneidungen, welche dem Verständniss der Erscheinungen als Basis dienen konnten. Allein erst dadurch, dass diese Frage experimentell in Angriff genommen wurde, war der wichtigste Schritt zur Erweiterung unseres Wissens und zur Feststellung der für die Folge nothwendigen Untersuchungsmethoden gethan. In der Folge constatirte man die Existenz primär entzündlicher Vorgänge am Nerven, der Neuritis, als einer Grundlage vielfältiger motorischer, sensibler und trophischer Störungen, sowohl in centrifugaler Ausbreitung bis zu den Endapparaten der peripherischen Nerven, als auch in ihrem Fortschreiten bis zum Centrum hin. Viele Fragen sind hier noch zu erledigen, manche Lücken sind noch auszufüllen, allein die physiologisch-pathologischen Grundlagen sind gelegt.

Leider kann man von der Elektrotherapie der peripherischen

Nerven nicht das Gleiche sagen. Der elektrische Strom documentirt eine mächtige Wirkung auf den normalen, wie auf den kranken Nerven, aber von dem „Wie“ der Wirkung wissen wir leider nur zu wenig. Was wir Positives wissen, ist auf rein empirischem Wege gewonnen. Wir müssen uns deshalb auch hier wie beim Centralnervensystem mit unerwiesenen Vorstellungen behelfen und an die Stelle des fehlenden Begriffes oft Worte setzen.

Elektrotherapie bei Lähmungen motorischer und gemischter Nerven.

Vor Allem hat man auch hier erregende und modificirende, vasomotorische, trophische und katalytische Wirkungen des Stromes im Auge. Dass die Leitungsfähigkeit eines in seiner Function beeinträchtigten Nerven unmittelbar durch den Strom gebessert werden kann, dass Exsudate in der Nervenscheide zur Resorption gebracht werden können, dass die Regeneration in einem degenerirten Nerv, wenn sie überhaupt möglich ist, gefördert wird durch den Strom, das Alles ist theils erwiesen, theils doch höchst wahrscheinlich geworden. Ganz besonders augenfällig kann die die Leitung bessernde, antiparalytische Wirkung des Stromes bei motorischen Lähmungen demonstrirt werden. Am geeignetsten sind rheumatische Lähmungen des Facialis und des Abducens. In einem gewissen Stadium der Regeneration dieser Lähmungen kann man die durch die Application des constanten Stromes unmittelbar erzielte, wenn auch nicht dauernde Besserung der Leitung durch die höhere Leistung der Muskeln erkennen. Im Gebiet des Facialis ist die Wirkung am Sphincter palpebrarum resp. am gebesserten Schluss des Auges, im Gebiet des Abducens an der kräftigeren Wirkung des M. rectus externus (Verschwinden der Doppelbilder für kurze Zeit) direct messbar. Diese momentane Besserung der Leitung ist übrigens auch an den übrigen motorischen und gemischten Nerven, wenn auch nicht so direct messbar, zu constatiren, so am gesammten Facialisgebiete durch Gradstellung des Gesichts in der mimischen Ruhe, am N. radialis durch bessere Streckung des Carpus bei geballter Faust, am Peroneusgebiete durch gebesserte Dorsalflexion des Fusses etc.

Eine Erklärung des Phänomens der momentanen Leitungsbesserung

fehlt uns noch. Wir kennen nur die Thatsache und wissen, dass diese Erscheinung eine Vorläuferin wiederkehrender Innervationsmöglichkeit ist, also von einem bestimmten, ziemlich vorgerückten Stadium der Regeneration abhängig ist. Insofern ist diese Erscheinung prognostisch unter Umständen ungemein wichtig. Ich erinnere an Fälle von Hiebwunden (durch Krieg, Säbelduelle) im Gesicht, durch den Oberarm an der Umschlagsstelle des N. radialis, durch die Streckmuskeln am Vorderarm, mit schwerer Entartungsreaction, wo dieses Phänomen zuerst und mit Sicherheit beweist, dass der Nerv nicht durchschnitten ist. Ebenso wichtig ist dies Phänomen bei schweren Facialislähmungen. Jeder Sachkenner wird die ersten Spuren willkürlicher Beweglichkeit der gelähmten Muskeln am Schlusse der elektrischen Sitzung im Interesse des Kranken mit Freuden begrüssen.

Die diagnostisch-prognostischen Schlüsse, welche die Ergebnisse der elektrischen Untersuchung bei den peripherischen Lähmungen gestatten, ergänzen die übrigen klinischen Erscheinungen in der befriedigendsten Weise. Wir erkennen zunächst, was uns kein anderes Zeichen erkennen lässt, ob wir es mit einer leichten, mittelschweren oder schweren Läsion des betreffenden Nerven zu thun haben. Am Ende der 1. Woche, noch klarer in der 2. Woche nach dem Eintritt der Lähmung erweist die elektrische Untersuchung zur Evidenz, ob die Erregbarkeit des motorischen oder gemischten Nerven für beide Stromesarten normal geblieben ist (leichte Form) oder in mässigem Grade herabgesetzt (mittlere Form) oder ganz erloschen ist (schwere Form). An dieses cardinale Phänomen gruppiren sich nun die übrigen Symptome der Entartungsreaction. Wir wollen die Complexe der Symptome in den einzelnen Formen in einer für den Anfänger übersichtlichen Weise zusammenstellen.

1) Die faradische und galvanische Erregbarkeit des Nerven und des Muskels (jeder für sich untersucht) hat sich trotz vollständiger motorischer Lähmung unverändert erhalten. Dies kann der Fall sein bei cerebralen Lähmungen, sowie bei leichten peripherischen Lähmungen. Kann cerebrale Lähmung aus anderen Gründen ausgeschlossen werden, so lautet der diagnostisch prognostische Schluss: Leichte peripherische Lähmung von ca. 3—4 wöchiger Dauer. Elektrische Behandlung kaum nöthig.

2) Complete motorische Lähmung. Die faradische und galvanische Erregbarkeit des Nerven ist in geringerem

oder höherem Grade herabgesetzt. Der Muskel zeigt aufgehobene oder herabgesetzte faradische, dagegen gesteigerte galvanische Erregbarkeit. Die galvanische Zuckung ist träge und meist auch gleich starke oder sogar kräftigere Zuckung bei Anodenschliessung als bei Kathodenschliessung (Partielle EaR.). Der Muskel ist nicht oder doch nicht erheblich abgemagert. Diagnostisch-prognostischer Schluss: Mittelschwere Lähmung neurotischen Ursprungs (Bezirk des möglichen Sitzes der Störung reicht von den grauen Vordersäulen des Rückenmarks bis zu den Nervenendplatten in den gelähmten Muskeln). Ist das Rückenmark auszuschliessen, so ergiebt sich für die periphere Lähmung mit Sicherheit eine günstige Prognose (welche bei den spinalen Erkrankungen, z. B. der Poliomyelitis, nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse noch nicht mit gleicher Sicherheit verbürgt werden kann) und eine Dauer der Lähmung von einem bis drei Monaten.

3) Absolute motorische Lähmung, complete EaR früheren Stadiums, mässige Atrophie des Muskels. Im Nerven ist die Erregbarkeit für beide Ströme erloschen. Im Muskel ist die faradische Erregbarkeit aufgehoben, die galvanische Erregbarkeit (oft enorm) gesteigert. Die galvanomuskuläre Zuckung zeigt immer einen trägen Charakter und gewöhnlich (aber durchaus nicht immer) Umkehr der Normalformel, so dass AnSZ = KaSZ oder AnSZ > KaSZ. Der diagnostisch-prognostische Schluss: Schwere Lähmung von günstigenfalls 5—10 monatlicher Dauer, Unheilbarkeit der Lähmung möglich und erst dann auszuschliessen, wenn sich Spuren wiederkehrender trophischer und motorischer Innervation zeigen.

4) Absolute motorische Lähmung. Complete EaR späteren Stadiums, hochgradige Atrophie des Muskels. Im Nerven fehlt die faradische und galvanische Erregbarkeit. Der Muskel ist faradisch unerregbar, galvanische Contraction sehr schwach und nur durch Ströme höchster Intensität, zuletzt nur noch mit Volta-schen Alternativen zu erzielen. Muskel strangförmig abgemagert und hart. Diagnostisch prognostischer Schluss: Schwerste Lähmung von günstigenfalls 10—12 monatlicher Dauer. Die Wahrscheinlichkeit unheilbarer Störung der Leitung resp. Unmöglichkeit der Regeneration wächst mit der Dauer unveränderlichen Fortbestehens dieses Zustandes ohne

Wiederkehr von Innervationsspuren. Andererseits wächst die Wahrscheinlichkeit der Regeneration mit dem ersten Zeichen wiederkehrender trophischer und motorischer Innervation: Aufbesserung der erniedrigten Temperatur in den gelähmten Muskeln, Volumszunahme und Wiederkehr des Tonus derselben, womit in der Ruhelage das Ueberwiegen der Antagonisten zurücktritt. Besonders instructiv ist Letzteres am Facialis, wo die gebesserte Gleichgewichtsstellung der beiderseitigen Gesichtsmuskelsysteme sich (allerdings zunächst nur bei mimischer Ruhe) zu erkennen giebt.

Alle diese Erscheinungen treten gewöhnlich zuerst unmittelbar nach der Elektrisation in die Erscheinung, mehr natürlich noch nach der Wiederkehr der ersten Spuren des Willenseinflusses, aber auch hier am augenfälligsten nach jedesmaliger Einwirkung des elektrischen Stromes hervortretend. Dieses Symptom giebt ziemlich sichere Bürgschaft für den günstigen Ausgang.

Ein weiteres, prognostisch werthvolles Phänomen ist die von Duchenne gefundene Hyperästhesie der gelähmten Muskeln im Verlauf der faradischen Behandlung von Lähmungen gemischter Nerven. Nach Duchenne wird diese „Hyperesthésie musculaire„ im Laufe schwerer Lähmungen zuerst ausschliesslich durch die localisirte Faradisation hervorgerufen. Nachdem vorher keinerlei Schmerz in der gelähmten Partie bei der Elektrisation bestanden hatte, nimmt diese Hyperästhesie bald der Art zu, dass im Gegensatz zu dem Anfangs ohne Schmerz angewendeten stärksten Inductionsstrome jetzt nur noch schwache Ströme ertragen werden. Die Muskeln werden auch gegen Druck empfindlich und schliesslich auch der Sitz spontaner Schmerzen in den Intervallen zwischen den einzelnen Sitzungen. Diese Muskelhyperalgesie ist nach Duchenne ein höchst schätzbares Signal bevorstehender Wiederkehr der trophischen und motorischen Innervation. Bei alten, allen Behandlungsmethoden widerstehenden Lähmungen konnte er diese Erscheinung niemals beobachten.

Ich kann diese Angabe Duchennes insoweit bestätigen, als diese faradische Hyperalgesie der Muskeln, wo sie auftritt, in der That prognostisch eine sehr werthvolle Erscheinung in günstigem Sinne darstellt, ich muss indessen hinzufügen, dass dieselbe häufig vermisst wird. Sie tritt ziemlich zu gleicher Zeit mit der Aufbesserung der Circulation und der Wärme in den gelähmten Muskeln auf,

von welch' letzterer der Kranke nicht selten ein subjectiv unangenehmes, selbst schmerzhaftes Gefühl hat.

Das letzte Stadium schwerer, aber heilbarer Lähmung zeigt vollständiges Fehlen der faradischen und galvanischen Erregbarkeit im Nerven, und nur am Muskel lässt sich durch die stärksten Ströme mit Volta'schen Alternativen noch eine höchst schwache Contraction oder gar keine Reaction mehr erzielen. Allmälig bessert sich aber der Tonus des Muskels und der Wille vermag auch ohne die Hülfe der Elektrisation allmälig kräftiger werdende Contractionen auszulösen. Dieser Contrast zwischen dem Fehlen der elektrischen Erregbarkeit in Nerv und Muskel und der fast ungehinderten Ausübung des Willenseinflusses besteht oft viele Monate und nähert sich nur langsam wieder dem normalen Verhältnisse.

Das letzte Stadium der unheilbaren Lähmung zeigt in den degenerirten Nervenstämmen, sowie in den strangförmigen atrophischen Muskeln keine Spur von elektrischer Erregbarkeit mehr; die Antagonisten haben vollständig das Uebergewicht gewonnen und verfallen mehr und mehr in Contractur.

Man darf übrigens mit der Prognose „unheilbare Lähmung" nicht allzufrüh bei der Hand sein, muss vielmehr solche Fälle schwerster Leitungslähmung, was die Therapie anlangt, von der günstigeren Seite auffassen und demgemäss behandeln. Es versteht sich, dass der Arzt dem Kranken und seinen Angehörigen gegenüber den ernsten Zweifeln an der Heilbarkeit vollen Ausdruck geben muss, aber er soll die Sache nicht früher als absolut aussichtslos bezeichnen, ehe nicht mindestens ein Jahr ohne Zeichen wiederkehrender Function vergangen ist. Ich habe wiederholt, besonders nach dem deutsch-französischen Kriege, im Gefolge von Nervenstammverletzungen Paralysen beobachtet, welche viele Monate lang von dem begutachtenden Arzte für unheilbar gehalten wurden und schliesslich doch zur Rückbildung kamen. Vorsicht ist also bei der Aufstellung der Prognose der Leitungslähmungen sowohl traumatischen als rheumatischen Ursprungs dringend geboten.

Methode. Die elektrische Behandlung der peripherischen Lähmung wird mit beiden Stromesarten ausgeführt und zwar in der Weise, dass der elektrische Strom möglichst auf den Locus affectus, den Sitz der Leitungsstörung im Nerven und der Muskellähmung in ganzer Ausdehnung einwirkt. Die Form, Grösse und Aufstellung der

Elektroden wird sich also wesentlich nach Form, Lage und Ausdehnung des afficirten neuromuskulären Gebietes richten müssen.

Bei Neuritis der langen Nervenstämme an den Extremitäten rathe ich, lange rinnenförmig gebogene resp. biegsame Elektrodenplatten anzuwenden, welche den Nerven, soweit er krank ist, bedecken.

Unterstützend wirkt übrigens bei Neuritis und ihren Folgen die Massage, welche am besten nach der Galvanisation am Schlusse jeder Sitzung, wo die Schmerzempfindungen etwas herabgesetzt sind, in centripetaler Richtung und mit steigender Druckstärke vorzunehmen ist.

Die Behandlung der häufigen, durch traumatische Einwirkung entstandenen Lähmungen an den Oberextremitäten sind in gleicher Weise mit beiden Strömen auszuführen. In leichteren Fällen pflegte man bisher bei der relativ intacten Reaction dem Inductionsstrom die Hauptrolle anzuweisen, bei schweren, besonders mit completer Entartungsreaction einhergehenden Lähmungen dagegen den constanten vorzuziehen, weil dieser allein Muskelcontractionen auslöst. Dieser Standpunkt ist heutzutage nicht mehr festzuhalten. In erster Linie kommt es nicht auf die Auslösung von Muskelverkürzungen an, obwohl diese ja in Rücksicht auf die drohenden Folgen lange dauernder Inactivität nicht zu unterschätzen sind, sondern auf die Anregung der trophischen Sphäre und dementsprechende Beschleunigung der regeneratorischen Vorgänge im Nerven, welche vornämlich der galvanische Strom zu bewirken scheint. Jedenfalls wird man, so lange die Indicationen für die eine und die andere Stromesart nicht schärfer präcisirt werden können, gut thun, in jeder Sitzung von beiden Strömen Gebrauch zu machen.

Die Application der differenten Elektrode — herkömmlich gilt die An meist als die wirksamere — hat auf der Läsionsstelle stattzufinden, was bei den langen Extremitätennerven um so eher möglich ist, als die Läsionsstelle entweder äusserlich (an Narben etc.) zu erkennen oder bei Berücksichtigung der Prädilectionsstellen aus dem Verbreitungsrayon der Lähmung zu erschliessen ist. So ist, um einige Beispiele anzuführen, der N. radialis mechanischen Läsionen an seiner Umschlagsstelle aussen am Rande des Oberarms (Druck im Schlaf, Hieb- und Stichverletzungen etc.), sowie in der Achsel (Krückendruck) am meisten ausgesetzt, N. ulnaris und medianus dagegen an

der inneren Seite des Oberarmes, der Ellenbeuge und des Handgelenkes.

Seltener kommen combinirte Lähmungen mehrerer Armnerven zur Beobachtung in Folge von Verletzungen des Plexus brachialis oberhalb der Clavicula und in der Achsel (Luxationen des Humeruskopfes bei Neugeborenen in Folge erschwerter Armlösung bei der Extraction, sog. Entbindungslähmungen), in Folge von Messerstichen in die Fossa supraclavicularis (mehrmals von mir beobachtet), dann durch Druck und Irritation von Entzündungen und Neoplasmen an der Halswirbelsäule und in der Supraclaviculargegend, ferner durch mechanische Compression mehrerer Nervenstämme, z. B. durch zu straffes Verbinden bei Humerusfracturen, durch zu feste Umschnürung der Oberarme bei Arrestanten (Bernhardt).

Ich behandelte kürzlich auf meiner Klinik einen Fall von Plexuswurzellähmung, welche bedingt war durch eine schleichende Periostitis des unteren Halswirbels mit Ausgang in derbe Infiltration des Halszellgewebes rechterseits und schliessliche Eiterung. Es waren sämmtliche Arm- und Schulternerven in verschiedenem Grade lädirt, am stärksten der N. axillaris (EaR im Deltoideus). Nach Incision und Entleerung des Eiters ging die Lähmung allmälig und vollständig zurück.

Eine sehr verbreitete Plexuslähmung sah ich bei einem 25jährigen Cigarrenarbeiter entstehen und langsam wachsen durch ein von der 1. Rippe ausgehendes Ecchondroma, welches durch mechanische und irritative Einflüsse auf die Plexusstränge lähmend einwirkte.

Einen weiteren Fall sah ich kürzlich bei einem 36jährigen Klavierträger, dem der ziemlich schmale Tragriemen auf der Schulter sämmtliche Stämme des Plexus brachialis in verschiedener Intensität lädirt hatte.

Methode. Bei den Plexuslähmungen ist die differente Elektrode — herkömmlich die An des constanten Stromes — in geeigneter Form und Grösse auf den Plexus, denselben möglichst in ganzer Ausdehnung deckend, zu appliciren, die andere Elektrode zuerst an die entsprechende Seite des betreffenden Wirbels, dann auf die peripherischen Nerven und Muskeln, der Induktionsstrom nur auf die Peripherie.

Die gemischten Nerven an den Unterextremitäten sind vermöge ihrer fast durchwegs tieferen und durch Muskelmassen geschützteren Lage mechanischen Läsionen, welche zur Lähmung führen, relativ viel weniger ausgesetzt als die der oberen Extremitäten, während andererseits die Neuralgien in den ersteren, besonders im N. ischiadicus gegenüber den Oberextremitäten prävaliren. Ent-

sprechend der Seltenheit der Stammlähmungen sind auch Plexuslähmungen selten. Bei intraabdominalen Tumoren von grossem Umfange kommen sie noch am häufigsten vor.

So sah ich bei einem Bahnbeamten eine unvollkommene Lähmung mit Hyperalgesie im Bereich des Plexus sacralis sinistr. in Folge eines Lymphosarcoms im Becken zu Stande kommen, welches (angeblich durch einen heftigen Pufferstoss gegen die linke Iliacalgegend entstanden) von den tiefen Iliacaldrüsen auszugehen schien, den Plexus sacralis comprimirte und schliesslich, wie die Section zeigte, das ganze kleine Becken ausfüllte.

Von den Lähmungen der Nervenstämme an den Unterextremitäten ist wohl die des am Capitulum Fibulae sehr exponirten N. peroneus die häufigste.

Für die Methode der Behandlung gelten die gleichen Gesichtspunkte, wie für die Nerven an den Oberextremitäten. Den Plexus wird man am einfachsten von aussen und zwar den Plexus lumbalis durch Aufsetzen der breiten Elektroden auf der entsprechenden Stelle neben der Lendenwirbelsäule, den Plexus sacralis durch Aufsetzen auf das Kreuzbein treffen. Letzteren kann man allerdings besser vom Mastdarm aus erreichen, indem man die Mastdarmelektrode nach hinten tief in die Kreuzbeinaushöhlung nach der entsprechenden Seite zurücklehnt. Die Reaction ist eine lebhafte und die ganze Procedur dem Patienten meist eine sehr unangenehme. Man wird dieselbe deshalb nur für rebellische Fälle von Sacralplexuslähmungen reserviren. Die indifferente Elektrode wird dabei die der peripherischen Ausbreitung der Nervenläsion entsprechende Position einzunehmen oder aussen auf dem Kreuzbein zu stehen haben.

Die Elektrotherapie der Krämpfe.

Die Krämpfe innerhalb bestimmter Nervenprovinzen werden, soweit sie nicht centralen Ursprungs sind und dementsprechend eine elektrische und sonstige Behandlung des Centralorganes erfordern, vorwiegend mit dem constanten Strom in der Art behandelt, dass, falls der Ausgangspunkt der Affection an einem bestimmten Nerven constatirt werden kann (was leider nur selten der Fall ist), diese Region oder wenigstens die verdächtigen Schmerzpunkte der stabilen Einwirkung der Anode ausgesetzt werden, während die Ka an einer

indifferenten Stelle aufgesetzt wird. Man muss den Strom sehr schwach wählen, denselben nur vorsichtig durch Einschleichen mittelst des Rheostaten verstärken und gegen Ende der Galvanisation wieder ausschleichen lassen.

Dieser Methode gegenüber steht die Empfehlung anderer Autoren, starke constante Ströme mit Unterbrechungen (Remak) oder mit Stromwendungen (Benedikt) anzuwenden, oder den Inductionsstrom mit auf- und absteigender Intensität (Schwellungsströme, Frommhold) auf das betreffende Nervenmuskelgebiet einwirken zu lassen. Man ersieht aus diesen entgegengesetzten Empfehlungen, dass eine Reizwirkung des elektrischen Stromes bei den Heileffecten in Krämpfen kaum eine Bedeutung haben kann und ferner, dass die verschiedensten Methoden der Application mit Erfolg angewendet wurden.

Man wird immer am rationellsten verfahren, wenn man mit schwachen Strömen und möglichst vollständiger Durchströmung des betreffenden Nerven und seiner Endausbreitung im Muskelapparate beginnt und erst allmälig bei constatirter Unwirksamkeit des milden Verfahrens zu höheren Intensitäten beider Stromesarten fortschreitet.

Im Allgemeinen sind ja leider die Heilerfolge bei den peripherischen Krämpfen sehr mässige und man darf dem Kranken beim Beginn der Behandlung nicht viel Hoffnung machen. In rebellischen und schweren Fällen, wie z. B. die meisten Fälle von Krampf im Gebiet des N. facialis, sowie des Ram. ext. N. Accessorii Willisii sind, lässt doch wohl der enragirteste Elektrotherapeut bald von der Elektrotherapie ab und verweist den Kranken an den Chirurgen behufs der Nervendehnung, die ja gerade in dieser Richtung manchen Erfolg aufzuweisen hat.

Bei Krämpfen im Bereiche tiefliegender oder aus anderen Gründen schwer erreichbarer Nerven, dann bei Plexuskrämpfen, endlich bei den coordinirten Berufskrämpfen, die uns so häufig in der Form des Schreibkrampfes, seltener in der Form des Schuster-, Melker-, Klavierspieler-, Violinistenkrampfes zur Beobachtung kommen, wo die Nervendehnung nicht anwendbar ist, muss man sich auf die Elektrisation und Massage der afficirten Nerven und Muskeln beschränken. Der Erfolg ist ziemlich befriedigend (wenigstens palliativ) in frischen Fällen, — so sah ich ihn in mehreren Fällen von Accessoriuskrampf, in 2 Fällen von Krampf der Kopfrotatoren, — fast Null in veralteten Fällen. Ich wenigstens habe keine Erfolge bei Letzteren erzielt, wogegen andere Autoren allerdings Günstigeres berichten.

Bei den coordinirten Berufskrämpfen ist das Urtheil über den therapeutischen Erfolg immer auf lange Zeit hinaus sehr reservirt zu halten, da das Befreitsein der Nerven und Muskeln von der berufsmässigen nachtheiligen Arbeit, wie es während der Cur gewöhnlich stattfindet, die Krämpfe fast immer zum Schweigen bringt und auch beim Wiederbeginn der Berufsthätigkeit noch eine Zeit lang vorhält. Entscheidend darf nur das Endresultat sein und dieses ist nach meiner Erfahrung bei schweren Fällen immer ein negatives. Besser schien mir der Erfolg der Elektrisation zu sein, wenn sie mit methodischer Massage und Gymnastik combinirt wurde.

Elektrotherapie der Neuralgien.

Für Neuralgien peripherischen Ursprungs gelten dieselben Grundsätze der elektrischen Behandlung, wie für die circumscripten Krämpfe: Anodenbehandlung des Ausgangspunktes der Neuralgie am Nerven oder des Druckschmerzpunktes oder, wo keiner von beiden festzustellen ist, womöglich des ganzen Nervenstammes und seiner Ausbreitung. Hier finden die oben von mir empfohlenen Riesenelektrodenplatten, welche das ganze schmerzhafte Gebiet, z. B. die eine ganze Gesichtshälfte oder das Ischiadicusgebiet bedecken, mit zweckmässiger Krümmung und starker Polsterung der Platte, damit dieselbe überall gut und weich anliegt, vor allem ihre Stelle. Die Wirksamkeit des Stromes hängt bei Neuralgien sehr wesentlich von der Grösse der Contactfläche ab. Man kann sich bei Trigeminus- oder Ischiadicus- oder anderen Neuralgien von der Wichtigkeit dieser Thatsache überzeugen, wenn man diese Neuralgien an eigenem Körper hat und das eine Mal zwei kleine Elektrodenplatten nimmt, wie sie von den Mechanikern den Apparaten beigegeben werden und hernach oder am nächsten Tage die Riesenplatten anwendet. Der Unterschied in der Wirkung ist ein überraschender.

Es ist bei den Neuralgien aus denselben Gründen, wie bei Krämpfen zu empfehlen, mit schwachen Strömen zu beginnen und höhere Stromstärken nur mit Ein- und Ausschleichen zur Anwendung kommen zu lassen. Wo der Verdacht eines centralen Ursprungs vorliegt, z. B. bei Tic douloureux, ist gleichzeitig auch die centrale Behandlung anzuwenden

Besonderes Augenmerk ist den sog. Schmerz- und Druckpunkten zuzuwenden, deren stabile Anodenbehandlung oft von augenblicklichem Erfolge ist; auch mit der Kathode auf dem Nerven kann man Erfolge erzielen, wie Rossbach's Beobachtung am eigenen Ischiadicus beweist und wie ich auch wiederholt gesehen habe. In hartnäckigen Fällen sind starke Erregungen durch Stromwendungen zu versuchen.

Auch den Inductionsstrom muss man in den verschiedensten Weisen versuchen als mässige Faradisation des Nervenstammes mit Schwellungsströmen mittelst grosser, feuchter, die schmerzhafte Region bedeckender Platten, als faradische Pinselung der Hautnerven mit breiten Pinseln oder Bürsten oder mittelst der elektrischen Hand, welche für manche sensitive Naturen am wohlthuendsten wirkt.

Man muss gestehen, dass selbst bei den Neuralgien, welche einst als die eigentliche Domaine der Elektrotherapie galten, nichts Sicheres über die besten Methoden der Anwendung im Einzelfalle festgestellt ist und dass man auch hier herumprobiren muss, bis man das Richtige gefunden hat. Es existiren offenbar auch mancherlei pathologische und individuelle Differenzen, welche die eine Neuralgie dem constanten, die andere dem inducirten Strome zuweisen, welche in einem Falle der centralen, im anderen Falle der peripherischen Elektrisation den Vorzug geben; allein wir sind noch nicht so weit gelangt, diese individuellen Differenzen ätiologisch oder klinisch definiren und diagnosticiren zu können.

So lange wir auf dem jetzigen Standpunkte unserer Kenntnisse stehen, müssen wir uns begnügen zu eruiren, welche Methode bei öfterem Experimentiren sich als die momentan wirksamste erweist. Diese Methode ist in der Folge vorzugsweise oder ausschliesslich anzuwenden. Nach meiner Erfahrung hat die stabile Anodenbehandlung mit grossen Platten am häufigsten Erfolg.

Nach meiner Erfahrung muss ich sodann vor Allem betonen, dass die Anwendung der Galvanisation bei Neuralgien eine häufigere und längere sein muss, als bei anderen Affectionen. Einmalige Application von fünf Minuten hat kaum eine Nachwirkung von mehrstündiger Dauer zur Folge. Es ist daher der Strom so oft zu appliciren, als der Schmerz exacerbirt. Dies lässt sich freilich nur durchführen, wenn der Patient eine Batterie in seiner Wohnung stehen hat und die Anwendung selbst oder durch seine Umgebung besorgen kann. Die Batterie muss stets arbeitsfähig sein (wie es z. B.

kleine Zinkkohlen-Tauchbatterien oder die Meidinger oder Siemens-Daniell'schen Elemente sind), so dass der Patient bei Tag wie bei Nacht sofort beim Beginne des Schmerzparoxysmus die Elektroden aufsetzen kann. Auf diese Weise erzielt man viel bedeutendere Wirkungen und kommt viel schneller zum Ziel, als mit der herkömmlichen einmal täglichen Elektrisation in der Sprechstunde des Arztes. Schon der Umstand, dass der Kranke im Vorzimmer des Arztes oft lange wartet und sich erhitzt, ferner, dass er nach der Elektrisation nach Hause gehen muss, wobei er sich doch oft den Unbilden der Witterung aussetzt und seine Nerven erschüttert, vereitelt häufig eine nachhaltige Wirkung. Ueberhaupt wird meines Erachtens auf das allgemeine Verhalten bei der Therapie der Neuralgien in der Regel viel zu wenig Gewicht gelegt. Der pathologische Zustand, in welchem der neuralgisch afficirte Nerv sich befindet, wird zur Gewinnung der therapeutischen Indication am besten als ein schleichend entzündlicher aufgefasst. Hieraus ergiebt sich die Nothwendigkeit, den befallenen Nerven und seine Ausbreitung vor aller und jeder Schädlichkeit der Witterung, vor Erschütterungen durch Gehen und andere Muskelthätigkeit etc. zu schützen. Es darf nicht Wunder nehmen, dass eine Ischias oft viele Monate fortbesteht, wenn der Kranke, sobald der Schmerz etwas nachlässt, wieder aufsteht, umhergeht und den kranken Nerven täglich und stündlich dem Temperaturwechsel, der Zerrung und Erschütterung aussetzt. Die beste Behandlung ist nach meiner Erfahrung bei Ischias (besonders bei frischen, aber auch bei veralteten vernachlässigten Fällen) Betthüten, Einhüllung der afficirten Region mit Wolle oder Watte, mehrmals täglich Galvanisation und ebenfalls mehrmals täglich (später seltener und seltener) Morphium in kleinen Dosen subcutan injicirt, in frischen Fällen auch innerlich täglich einige Gramm Natr. salicylic. nehmen lassen. Allerdings werden die Kranken erst durch wiederholte Recidive so mürbe gemacht, dass sie sich zum Betthüten entschliessen, allein das ändert an der Thatsache Nichts, dass man auf diese Weise der Neuralgie allein schnell und sicher Herr wird.

In der oben beschriebenen Weise sind die Neuralgien im Bereiche des Plexus cervico-brachialis, des N. occipitalis major, der Intercostalnerven zu behandeln. Bei alten Neuralgien des Trigeminus ist freilich auch mit dieser Methode meist nur wenig auszurichten.

Elektrotherapie der Anästhesien.

Die Anästhesien werden je nach der Kenntniss ihres Ursprungs im Centrum oder in der Peripherie bald mehr central, bald mehr peripherisch oder ganz ausschliesslich in loco anaesthetico behandelt, so zwar, dass man womöglich die naheliegenden Stämme des Plexus, zu welchen die anästhetische Partie competirt, mit in den Kreis der Elektrisation zieht. So ist z. B. bei der Genitalanästhesie und -Parästhesie, wie sie bei eingewurzelter Onanie, Impotenz u. s. w. beobachtet wird, zweckmässiger die äussere Pinselbehandlung der einen Elektrode zu überlassen und die andere Elektrode in der entsprechenden Form in den Mastdarm einzuführen und gegen Prostata und hintere Blasenwand anzulehnen.

Bei Anästhesien grösserer peripherer Hautbezirke eignen sich die Metallbürsten ganz besonders mit Schwellungsströmen zur energischen Erregung der sensiblen Nervenendigungen.

Elektrotherapie bei Störungen der vasomotorischen, secretorischen und trophischen Innervation.

In Betreff dieser vielfach so dunklen Störungen lassen sich allgemeine Gesichtspunkte für die elektrische Behandlung nur insoweit aufstellen, als es möglich ist, im Einzelfalle Diagnose und Indication mit einiger Sicherheit zu präcisiren. Leider ist das bei diesen verwickelten Zuständen sehr häufig nicht möglich und sind wir daher oft genug auf das pure Experimentiren, auf die versuchsweise Anwendung der beiden Stromesarten in ihren verschiedenen Anwendungsweisen angewiesen.

Wo es sich um paralytische Zustände in den gefässverengernden resp. um Reizungszustände in den vasodilatatorischen Nerven handelt, empfiehlt es sich, die erregende, erfrischende und regulirende Wirkung des elektrischen Stromes zur Geltung zu bringen, und zwar je nach dem intellectuellen Ausgangspunkte der Störung durch centrale oder peripherische Application. Beide Stromesarten können sich hier wirksam erweisen (nach Engel-

skjön soll allerdings nur der faradische Strom als Verengerer der durch die Vasodilatatoren erweiterten Gefässe zur Anwendung kommen sowohl central als peripherisch) und zwar der constante Strom durch die Ka, welche als Reizmittel für die Vasoconstrictoren gilt, sowie der faradische, dessen gefässverengernde Wirkungen wohl ausser Zweifel stehen.

Bei den paralytischen Zuständen secretorischer und trophischer Nerven dürfte eine der Elektrotherapie der Angioparalysen analoge Verwendung der Ka und des Inductionsstromes sowohl central als peripherisch, direct und reflectorisch zu versuchen sein.

Bei Angiospasmen und den, so weit bekannt, analogen Zuständen der secretorischen und trophischen Nerven wäre die An des constanten Stromes sowohl central im Nacken als peripherisch und labil im Bereiche der afficirten Partie zu versuchen, ohne dass andere Applicationsweisen ausgeschlossen wären. Es ist eben Alles leider nur zu hypothetisch.

Elektrotherapie der allgemeinen Neurosen.

Die Eroberung des Gebietes der allgemeinen oder functionellen Neurosen durch die Elektricität hat sich eigentlich erst in dem letzten Jahrzehnt vollzogen. Allerdings war die elektrische Behandlung einzelner functioneller Neurosen, z. B. der Hysterie schon in den fünfziger und sechziger Jahren in Gebrauch, doch beschränkte sich dieselbe damals doch mehr auf die Bekämpfung localer Störungen. Die Allgemeinbehandlung dieser Neurosen, wie sie durch Beard und Rockwell eingeführt ist, umfasst die „General Elektrization“ dieser Autoren, welche sich als bewährte Methode bereits eingebürgert hat, dann die bisher noch wenig erprobten Methoden des elektrischen Bades und der Franklinisation. Es ist keine Frage: das Verlassen der ausschliesslichen Localisirungs-Tendenz und die Einführung der Methoden einer allgemeinen elektrischen Influenz des gesammten Nervensystems und der Innervation auch der inneren Organe stellt einen wesentlichen Fortschritt der Elektrotherapie und der elektrotherapeutischen Technik dar. Die Details dieser Methoden und ihrer Wirkungen sind indessen in physiologischer und pathologischer

Beziehung noch genaueren Studiums bedürftig, um die Indicationen für die Anwendung derselben, besonders für die Wahl der einzelnen Methoden und ihrer Modificationen schärfer präcisiren zu können.

Unter den allgemeinen Neurosen ist die Neurasthenie, diese Signatur der Pathologie des nordamerikanischen Lebens von heute, das ursprüngliche und Hauptobject der allgemeinen Elektrisation. Dass die Erfolge bei dieser Krankheit sehr schön sind, steht ausser Zweifel, aber sie sind vermöge der Natur dieses Leidens und ihrer Ursachen selten dauernde, insbesondere bei hereditär neuropathisch belasteten Constitutionen. Ebenso steht es mit der Hysterie. Wir dürfen bei der Beurtheilung der überaus günstigen Berichte über die Heilerfolge der allgemeinen Elektrisation bei der Neurasthenie und Hysterie nicht übersehen, dass dieselben meist aus Heilanstalten für Nervenkranke stammen, für welche die Hysterischen und Neurastheniker das Hauptcontingent stellen. Hier spielen aber ausser der Elektrotherapie noch eine Menge von Heilagentien mit, welche ausserhalb der Anstalten nur selten in der Weise zur Geltung kommen: geistige und psychische Ruhe, eine straffe somatische und psychische Disciplin, streng geregelte Lebensweise, zweckmässige Ernährung, hydrotherapeutische Proceduren, Massage, Gymnastik u. s. w. Dieser Complex von Heilmethoden liefert bei der Anstaltsbehandlung ohne Zweifel oft glänzende Resultate, allein der Hausarzt hat nach der Rückkehr des Kranken in die alten Verhältnisse leider nur zu oft Gelegenheit, den Rückgang der Besserung zu beobachten. Man darf deshalb von der alleinigen Anwendung der allgemeinen Elektrisation in der Privatpraxis nicht die Erfolge erwarten, welche die Anstaltsbehandlung aufweist und darf auch in Betreff der durch letztere erreichten Erfolge die Erwartungen nicht zu hoch spannen.

Ausser der allgemeinen Elektrisation kann nun je nach der Indication des Einzelfalles auch die centrale (cerebrale oder spinale), sowie die peripherische Faradisation und Galvanisation zur Geltung kommen. Neuralgien, Schmerzpunkte, Parästhesien und Anästhesien, Störungen in den Sinnesorganen u. A. können bald den constanten, bald den unterbrochenen Strom mit feuchten, grossen oder kleinen Elektrodenplatten, mit trockener Pinselung oder Bürstung erfordern.

So günstig sich die Heilwirkungen der Elektricität bei der Neurasthenie, Hysterie und Hypochondrie unter Umständen gestalten, so

wenig befriedigend sind sie bei den meisten der übrigen functionellen Neurosen. Wenn manche Elektrotherapeuten von günstigen Erfolgen bei Epilepsie, Eclampsie, Tetanie, Tremor, Paralysis agitans, Chorea und den coordinatorischen Beschäftigungsneurosen berichten, so muss ich demgegenüber die Bedenken wiederholen, welchen ich oben in der „Allgemeinen Elektrotherapie" Ausdruck gegeben habe. Diese Dinge sind eben objectiv schwer controlirbar.

Die Elektrotherapie der Sinnesorgane.

Auge.

Von den Sehstörungen sind diejenigen, welche die Nerven und Muskeln des Bulbus betreffen, am ehesten dem elektrischen Strome zugänglich. Unter den Muskellähmungen sind selbstverständlich die peripherischen (rheumatischen, traumatischen) Paralysen am günstigsten für die Elektrotherapie gelagert, wenn der locus affectus ausserhalb der Schädelhöhle sich befindet. Indessen können doch auch intracephale Leitungslähmungen des Abducens, des Oculomotorius, des Opticus, mögen dieselben nun durch basale Exsudate, intermeningeale Blutergüsse, syphilitische Processe oder unbekannte Einflüsse gesetzt sein, ja selbst central bedingte Paralysen unter Umständen vom elektrischen Strome in günstiger Weise beeinflusst werden. Dass man je nach dem präsumptiven Sitze und der Natur der Lähmungsursache in Betreff der therapeutischen Indication und der zu wählenden Technicismen individualisiren muss, versteht sich von selbst. Bald wird die rein cerebrale Galvanisirung (quer durch die Schläfen, longitudinal oder schräg durch Stirn und Hinterhaupt), bald die gleichzeitige Galvanisation der Oblongata und des Gehirns, bald die peripherische Application der einen Elektrode auf den Bulbus oder am Orbitalrande in nächster Nähe des afficirten Nerven oder Muskels bei Aufstellung der anderen Elektrode am Schädel oder im Nacken angezeigt sein. Die auf den Bulbus zu applicirende Elektrode hat am besten eine halbeiförmige Gestalt, muss gut gepolstert sein und auf die geschlossenen Lider aufgesetzt werden. Die Stromstärke muss Anfangs eine minimale sein und darf nur sehr vorsichtig und keinesfalls durch Einschaltung weiterer Elemente, sondern nur durch den Rheostaten gesteigert werden. Plötzliche Schwankungen der Strom-

dichte oder gar Unterbrechungen des Stromes sind mit aller Sorgfalt zu verhüten, höhere Stromintensitäten nur mittelst Ein- und Ausschleichen anzuwenden.

Die Einführung einer feinen Elektrode in den Conjunctivalsack zum Zweck direkter Elektrisirung eines gelähmten Muskels ist wegen der heftigen Reizwirkung auf die Conjunctiva unthunlich und auch nicht nothwendig. Die percutane Application reicht vollkommen aus, da die den Muskel treffende Stromdichte bei der hervorragenden Leitungsfähigkeit des Bulbus und des retrobulbären Bindegewebes eine durchaus genügende ist.

Bei paralytischer Mydriasis und Accommodationsparesen ist die Ka des galvanischen Stromes direct auf den Bulbus, die An in den Nacken zu setzen.

Bei allen genannten Formen der Störung scheint der galvanische Strom dem inducirten überlegen zu sein, doch ist deshalb der Letztere besonders bei der peripheren Elektrisation nicht ganz zu vernachlässigen.

In manchen Fällen von Glaskörpertrübungen, wenn die Veränderungen nicht zu bedeutend und nicht zu alt sind, hat nach neueren Beobachtungen (Boucheron, Giraud-Teulon) die Galvanisirung der Bulbi zuweilen günstige Erfolge aufzuweisen. Auch bei einzelnen Fällen von Neuritis optica, selbst mit Betheiligung des Rückenmarks (Myelitis transversa), werden von zuverlässigen Beobachtern günstige Wirkungen der Elektrisation berichtet. Dagegen scheinen die von vornherein schleichend verlaufenden degenerativen Atrophien des Opticus dem elektrischen Strom ganz unzugänglich zu sein.

Sehr zweifelhaft endlich sind die von Neftel gerühmten Wirkungen des Stromes auf beginnende Cataract.

Nachdem einzelne Augenärzte (Pflüger, Dor, Giraud-Teulon, v. Rothmund) dem elektrischen Strome Interesse abgewonnen haben, steht wohl zu erwarten, dass die Elektricität mit der Zeit auch in der Augenheilkunde die ihr gebührende Stellung einnehmen wird. Wir haben im klinischen Institute zu München, welchem Prof. v. Rothmund das für eine elektrische Behandlung sich eignende bedeutende Material zuweist, sehr befriedigende Erfolge zu verzeichnen.

Ohr.

Die Hauptobjekte der elektrischen Behandlung sind auch hier die nervösen Störungen, und zwar vor Allen das nervöse Ohrensausen, die Hyperästhesie des Acusticus, die Form der Schwerhörigkeit, welche durch Erkrankung des Hörnervenapparates bedingt ist. Es sind bereits oben die elektrodiagnostischen Befunde bei Ohrenkranken angeführt und besonders hervorgehoben worden, dass Ohrensausen bestehen kann mit oder ohne Hyperästhesie, mit oder ohne Veränderung resp. Umkehr der Normalformel der Acusticusreaction, mit oder ohne Schwerhörigkeit. Es ist ferner schon hervorgehoben, dass prognostisch am günstigsten sich die Fälle von Ohrensausen verhalten, welche ohne Hyperästhesiereaction und ohne Veränderungen der Normalformel bestehen. Hier ist das Hauptwirkungsgebiet des elektrischen Stromes und zwar der An, welche in der weitaus grössten Zahl der Fälle das Ohrensausen dämpft oder zum Verschwinden bringt. Diese Wirkung ist jedoch leider sehr häufig nur eine vorübergehende, kann aber in manchen Fällen, besonders solchen, in denen die Störung nicht zu lange besteht, durch fortgesetzte Galvanisirung zu einer dauernden Heilung führen.

Diejenigen Fälle, welche bei der diagnostischen Prüfung abweichend von der Regel die Ka als denjenigen Pol erkennen lassen, welcher das Sausen zum Verschwinden bringt, sind dann auch mit der Ka als differenter Elektrode zu behandeln.

Ergiebt sich bei der diagnostischen Prüfung neben den subjectiven Ohrgeräuschen Hyperästhesie des Acusticus mit paradoxer Reaction des nicht armirten Ohres, so sind beide Ohren mit der An (mittelst Theilung der An) zu armiren, während die Ka mit grosser Platte auf dem Sternum steht.

Die Hörfähigkeit wird bei Schwerhörigen mit der Abminderung des Ohrensausens zuweilen gebessert, meist bleibt sie indessen unverändert.

Die Methode umfasst die sog. äussere Anordnung Erb's, d. h. die An wird in Form der mittleren Elektrode auf den Tragus aufgesetzt, ohne den äusseren Gehörgang ganz zu verschliessen, und die Kette mit der indifferenten Elektrode auf dem Sternum geschlossen. Man lässt nun die An sogleich mit voller Intensität, also ohne Einschleichen, wirken, vorausgesetzt, dass sich die An wie gewöhnlich

als der das Sausen günstig beeinflussende Pol bei der diagnostischen Exploration erwiesen hat, oder man lässt den negativen Pol Anfangs am Ohr als differenten und wendet dann plötzlich auf die An, erhält nun den Acusticus längere Zeit unter der Einwirkung der Letzteren und schleicht dann vorsichtig aus. Verwendung eines guten Rheostaten und grösste Vorsicht in der Vermeidung plötzlicher Schwankungen der Stromdichte, die für den Kranken sehr unangenehm sind, bilden hier wie bei der Behandlung der Sehstörungen ein unabweisbares Erforderniss.

Auch der Inductionsstrom ist von einigen Otiatern bei Ohrenleiden angewendet worden und zwar theils zur Kräftigung der kleinen inneren Ohrmuskeln (Stapedius, Tensor tympani), theils zur Hebung der Energie der Tuba-Muskulatur, womit im frühen Stadium der Schwerhörigkeit oft Besserung erzielt werden soll (Weber-Liel).

Im Grossen und Ganzen sind leider die Erfolge der Elektrotherapie der Gehörsstörungen, besonders der Schwerhörigkeit sehr unbedeutend und man thut deshalb gut, bei den Kranken, die sich wegen lästigen Ohrensausens zu einer elektrischen Behandlung qualificiren, keine Hoffnungen zu erwecken, sondern von vornherein zu betonen, dass es sich um einen Versuch handle, der möglicherweise nützen könne, jedenfalls aber ohne Bedenken sei.

Geschmack.

Obwohl die Hülfe des Arztes wegen blosser Störungen der Geschmacksfunction nur sehr selten in Anspruch genommen wird, so kommt die Ageusie und Parageusie doch zuweilen als Nebenerscheinung bei verschiedenen centralen und peripherischen Affectionen des Nervensystems mit oder ohne gleichzeitige Störung des Geruchssinnes zur Beobachtung.

Allgemeine Regeln für die elektrische Behandlung der Geschmacksstörungen lassen sich in Anbetracht der Mannigfaltigkeit des Sitzes und der Natur der zu Grunde liegenden Processe nicht geben. Man wird bei erkennbarem intracephalem Sitze der Störung die centrale Galvanisirung versuchen und damit auch die peripherische Erregung der Geschmacksnervenbahnen combiniren unter Anwendung knopfförmiger, mit Schwamm überzogener Elektroden. Man kann unter Umständen, welche eine rein peripherische Elektrisation der der Geschmacksperception dienenden Schleimhautregionen indiciren, ganz

wohl auch die von mir für Kehlkopf- und Rachenlähmungen angegebene Doppelelektrode mit Schwammknöpfen sowohl mit dem galvanischen als mit dem faradischen Strome in Anwendung ziehen.

Geruch.

Die Elektrisation des Geruchsorgans kommt bei Anosmie und Parosmie, wenn keine centrale Grundlage vorliegt, zur Anwendung. Die Summe der in der Literatur niedergelegten Beobachtungen ist nur eine geringe und es lässt sich deshalb nur ganz allgemein betreffs der therapeutischen Wirkung der Elektricität sagen, dass die Heilerfolge ermuthigend sind, indem in einzelnen Fällen von langbestehender Anosmie die Geruchsempfindung ganz oder doch zum Theil wiederhergestellt wurde.

Die Methode ist die percutane: beide Pole auf die Nasenbeine einander gegenüber, oder der eine Pol sattelförmig gebogen auf die Nasenbeine aufgesetzt, der andere im Nacken.

Stärkere Erregung der Olfactoriusausbreitung wird durch directe Reizung der Nasenschleimhaut im oberen Drittel mittelst catheterförmiger Elektroden (wie sie für die Elektrisation der Harnröhre und Blase angegeben sind) bewirkt. Das Verfahren ist sehr schmerzhaft und unangenehm, daher man nur in ganz besonderen Fällen davon Gebrauch machen wird. Auch das von Remak-Aronsohn[1]) bei ihren Versuchen befolgte Verfahren (Einführung einer eichelförmigen Elektrode in die mit warmer [38° C.] Kochsalzlösung [0,73 pCt.] gefüllte Nasenhöhle) wäre zu versuchen. Zur Anwendung können beide Stromesarten gebracht werden; nach Remak-Aronsohn dürften sich Stromwendungen auf die Ka, nächstdem KaS und AnO als die wirksamsten Formen der Elektrisirung empfehlen.

Elektrotherapie bei Affectionen der Respirationsorgane.

Von den Krankheiten der oberen Luftwege kommen die bulbären, neuromuskulären und myopathischen Lähmungen der Rachenorgane

---

[1]) Ueber elektrische Geruchsempfindung. Verhandl. d. physiol. Gesellschaft zu Berlin. 1883—84. IV. 15 u. 16.

und des Kehlkopfes verhältnissmässig oft zur elektrischen Behandlung. Am häufigsten sind nach meiner Erfahrung die diphtheritischen Lähmungen des Rachens und des Kehlkopfes, von denen ich im Laufe der Zeit eine grosse Zahl gesehen habe, dann die rheumatischen, traumatischen und hysterischen Kehlkopf-Paralysen und -Paresen.

Die diphtheritischen Lähmungen, welche nach meiner Beobachtung stets Entartungsreaction in vollkommener oder unvollkommener Entwicklung darbieten, und immer mit einem stärkeren oder geringeren Verlust der Sensibilität und der Reflexe einhergehen, bilden sich nach mehrwöchiger Dauer gewöhnlich von selbst zurück, doch scheint die elektrische Behandlung die Herstellung des anatomischen und functionellen Status quo ante beschleunigen zu können.

Methode. Die Galvanisation geschieht bei den bulbären Lähmungen am besten so, dass eine ringförmige (Cravatten-)Elektrode von vorn um den Hals (beide Sympathici einfassend) gelegt wird, während die andere Elektrode über der Oblongata oder auf einem Processus mastoideus steht. Oeftere Stromwendungen wirken energisch erregend auf die Nervmuskelapparate des Rachens und des Kehlkopfes ein, so dass die Lähmungserscheinungen nach jedesmaliger Galvanisation für kurze Zeit nicht unerheblich vermindert erscheinen. In derselben Weise ist auch der Inductionsstrom am Schlusse jeder Sitzung durch die gelähmten Partien hindurch zu senden.

Die locale Behandlung der Gaumensegelmuskulatur als auch der Constrictores faucium ist bei peripherischem Sitze der Störung mittelst der doppelten Schwammknopfelektrode vom Munde aus hinzuzufügen, was bei der gewöhnlich hoch entwickelten Anästhesie und Reflexlähmung auf der Rachenschleimhaut ohne wesentliche Belästigung für den Kranken ausgeführt werden kann. Die Wirkung ist eine theils direct theils reflectorisch erregende und erfrischende.

Die Elektrisirung gelähmter Kehlkopfnerven und -Muskeln kann man percutan ausführen, indem man die Elektroden von beiden Seiten auf den Kehlkopf aufsetzt und den galvanischen oder faradischen Strom durchgehen lässt. In vielen Fällen genügt dieses Verfahren, wie mir zahlreiche eigene Beobachtungen beweisen. Bei schweren und hartnäckigen Lähmungen dagegen genügt die percutane Methode nicht, so z. B. bei rebellischen hysterischen Lähmungen, bei Posticuslähmung. Hier ist die intrapharyngeale Elektrisation mit der einfachen oder Doppelelektrode unentbehrlich. Uebrigens sind von allen paralytischen Zuständen am Kehlkopfe die hysterischen Spannungs-

lähmungen (M. thyreo-arytaenoid. int., M. arytaenoid., M. cricothyreoideus) der elektrischen Behandlung am zugänglichsten, allein die oft an „Wundercuren“ erinnernde Promptheit der Wirkung bei schon monatelang bestehenden Aphonien ist nicht immer von Dauer, und manchmal folgt Recidiv auf Recidiv. Hier ist dann mit der Elektrisationsmethode ab und zu zu wechseln und der übrige antihysterische Heilapparat beizuziehen.

Die Methode der localisirten Elektrisirung der einzelnen Kehlkopfmuskeln ist im I. Theil (S. 262) des Genaueren angegeben. Die Stärke des Stromes sei eine für die elektrische Erregung der Gesichtsmuskeln genügende. Die Befestigung der Schwammhülle auf den Elektrodenknöpfen muss der Sicherheit wegen von Zeit zu Zeit nachgesehen werden. Die Schwammhülle sei nicht zu dünn und werde gut angefeuchtet. Umhüllungen der Knöpfe mit Leder, Leinewand etc. sind durchaus unzweckmässig. Faradische Bepinselung der Haut über dem Kehlkopf sowie starke faradische Reizung bei feststehendem Pinsel ist bei hysterischen Lähmungen ebenfalls indicirt. Diese Methode, welche hauptsächlich auf reflectorischem Wege wirkt, kann, wie die Beobachtungen von Moritz Meyer (l. c. S. 493 ff.) lehren, manchmal von raschem Erfolge sein.

Ich kann nach meiner Erfahrung nur rathen, mit der percutanen Application nicht zu viel Zeit zu verlieren, sondern zur intrapharyngealen Anwendung überzugehen, wenn sich bei der percutanen Methode nicht nach einigen Sitzungen entchiedener Erfolg gezeigt hat. Dies gilt besonders von den hysterischen Stimmbandspannungsparesen.

Neuropathische und myopathische Lähmungen des Zwerchfells sind grosse Seltenheiten. Nur Duchenne hat dieselben öfter gesehen und zwar im Gefolge der progressiven Muskelatrophie, der chronischen Bleiintoxication und der Hysterie. Einzelfälle sind ferner beschrieben bei diphtheritischer Lähmung (P. Meyer), Trichinose (Erdmann), im Gefolge entzündlicher Processe an dem Pleural- oder Peritonealüberzug des Zwerchfells oder in dem letzten selbst (Andral, Duchenne, A. Eulenburg). In manchen dieser Fälle von Zwerchfellserkrankung hat sich der elektrische Strom hülfreich erwiesen.

Gegenüber diesen Raritäten gewinnen die so häufigen Fälle respiratorischer Paralyse durch Lähmung des Athmungscentrums in Folge acuter Intoxication mit Kohlenoxydgas,

Kohlensäure (besonders bei asphyktischen Neugeborenen), Chloroform, Alkohol, Opium etc. ein um so grösseres Interesse, als in vielen dieser Vergiftungsfälle eine rechtzeitige zweckentsprechende Behandlung mit dem elektrischen Strome direct lebensrettend wirken kann. Es würde den Umfang dieses Werkes überschreiten, wollten wir die Frage der künstlichen Respiration an der Hand des ganzen bisherigen Beobachtungsmateriales vollständig besprechen. Hier mögen nur die wichtigsten Thatsachen und die darauf zu basirenden Rathschläge Platz finden.

Die Idee, künstliche Respiration durch Elektrisirung der Phrenici zu unterhalten, ist schon Ende des vorigen Jahrhunderts von Hufeland[1]) ausgesprochen, von Marshall Hall[2]) wiederholt und von Duchenne in die Form einer bestimmten Methode gebracht, die er seinen Studien über die Function des Zwerchfells entnahm[3]).

Duchenne hatte im Beginne seiner praktischen Thätigkeit als Elektrotherapeut in den Pariser Spitälern die elektrocutane Reizung bei Asphyxien anzuwenden wiederholt Gelegenheit und rühmt dieselbe als ein werthvolles Wiederbelebungsmittel, wie denn auch die späteren Versuche von Scholz an asphyktischen Neugeborenen, welche, was die Technik anlangt, nur als Versuche mit energischer Hautreizung aufzufassen sind, dafür sprechen. Duchenne nimmt sogar eine präcordiale reflexogene Zone an, deren faradocutane Reizung speciell auf die Vaguskerne erregend wirken und dadurch die functionellen Störungen in der Herzthätigkeit und Athmung beseitigen soll (Eléctrisation localisée. III. Aufl. S. 914). Später führten ihn die Arbeiten der Chloroformcommission der Société méd. d'emulation zu weiteren Versuchen über die Wirkung der Phrenicus-Reizung bei Thieren in der Chloroformasphyxie, deren Resultate er in einer Note an die genannte Commission niedergelegt hat[4]). Hier

---

[1]) Hufeland, De usu virium electr. in asphyxia. Dissert. inaugur. Göttingen 1783.

[2]) M. Hall, Krankheiten des Nervensystems. Deutsch v. Wallach. Leipzig 1842. S. 171.

[3]) Duchenne, Recherches electrophysiologiques, -pathologiques et therapeutiques sur le Diaphragme. Union méd. 1853. No. 101—173.

[4]) Note sur l'influence de la respiration artificielle par la faradisation des nerfs phréniques dans l'intoxication par le chloroforme, adressé à la Société méd. d'emulation. Union méd. 1855. p. 150 u. 154.

differenzirt er den therapeutischen Werth der Hautreizung und der Phrenicusreizung so, dass die sensible Reizung das Thier am Leben erhält, wenn nur die Respiration suspendirt ist, dass sie aber machtlos sei, wenn das Herz aufgehört habe zu schlagen. Dagegen vermöge die künstliche Respiration durch Reizung der Phrenici selbst dann noch die Asphyxie zu besiegen, wenn nicht blos die Respiration gestört, sondern auch bereits Herzstillstand eingetreten sei. Aus diesen Gründen brachte er in der Folge die localisirte Faradisirung der Zwerchfellsnerven bei allen schweren Asphyxien in Vorschlag, es ist ihm aber nicht vergönnt gewesen, diese seine Empfehlung am lebenden Menschen im Zustande der Asphyxie zu erproben. Auch von seinen Landsleuten hat merkwürdiger Weise Niemand diesen so wichtigen Vorschlag, obwohl sich doch in den Pariser Spitälern genügend Gelegenheit gegeben hätte, praktisch zu prüfen Veranlassung genommen.

Die künstliche Respiration beim asphyktischen Menschen durch rythmische Faradisirung der Nervi phrenici und Genossen.

Der erste Fall von Anwendung der künstlichen Respiration durch rythmische Faradisirung der Phrenici und Genossen am asphyktischen Menschen ist von mir[1]) im Jahre 1857 publicirt worden. Er betraf ein durch Kohlendunst vergiftetes Mädchen; die Respiration war nach ca. 11stündiger Anwendung der faradischen Phrenicusreizung (natürlich mit Unterbrechungen) vollkommen geregelt und Pat. konnte am nächsten Tage genesen entlassen werden.

Der zweite von mir beobachtete Fall betraf eine schwere Leuchtgasvergiftung bei einem Dienstmädchen, welches die ganze Nacht in einem kleinen Zimmer geschlafen hatte, in welches aus einem offenen Gashahn Leuchtgas ausströmte. Hier war die Athmung nach ca. 4stündiger Anwendung der künstlichen Respiration geregelt und die Kranke wurde am 3. Tage genesen entlassen.

In einem dritten Falle (40jähriges Weib) war wieder Kohlenoxydvergiftung Ursache der Asphyxie. Hier gelang es zwar, die Respiration vollständig zu regeln und somit die unmittelbar aus der Asphyxie drohende Lebensgefahr zu beseitigen, es erfolgte aber der Tod am 4. Tage in Folge von hämorrhagischen Erweichungsprocessen

---

[1]) In der 1. Auflage dieser Schrift. S. 49. 1857.

im Gehirn und ausgedehnter Diphtherie des Rachens, Kehlkopfes, Colons und Rectums.

Diese meine ersten Fälle haben der Methode Eingang in die ärztliche Praxis verschafft und es sind eine Reihe von Fällen publicirt worden, in denen dieses Verfahren zur Anwendung kam, so von Friedberg[1]), bei Chloroformvergiftung, 2 Fälle, beide mit günstigem Ausgang; Möller[2]), Kohlendunstvergiftung, 1 Fall, mit ungünstigem Ausgange nach 48 Stunden; Mosler[3]), Kohlendunstvergiftung, 2 Fälle, beide mit tödtlichem Ausgange; Oppenheimer[4]), Opiumvergiftung, 1 Fall mit tödtlichem Ausgange; Moritz Meyer[5]), Kohlendunstvergiftung, 2 Fälle, davon 1 mit günstigem, 1 mit ungünstigem Ausgange; Asphyxie nach Diphtherie, 1 Fall, mit günstigem Ausgange; Emminghaus[6]), Kohlendunstvergiftung, 1 Fall, mit günstigem Ausgange; Pernice[7]), Asphyxie der Neugeborenen, 5 Fälle, davon 3 günstig, 2 ungünstig.

Obwohl es bei der Ungleichheit der Bedingungen, der Ursachen und der Grade der Vergiftungen keinen grossen Werth hat, die absolute Zahl der günstigen und ungünstigen Erfolge aus dem vorliegenden Materiale zu extrahiren, so möge es doch der Vollständigkeit halber geschehen.

Unter 19 Fällen wurde erzielt:

Vollkommener Erfolg in	11	Fällen
Unvollkommener Erfolg (gelungene Regelung der Respiration, aber nachträglich Tod durch Secundärprocesse) in	2	"
Ungünstiger Ausgang, direct erfolgt, Respiration nicht hergestellt in	6	"

Ausser den vorstehenden Fällen sind mir noch eine Reihe von Beobachtungen aus der ärztlichen Praxis theils in Krankheitsberichten, die zu anderen Zwecken, z. B. zur Beschreibung einer Operation

[1]) Friedberg, Virchow's Archiv. Bd. XVI. S. 527. 1859 und Friedberg, Die Vergiftung durch Kohlendunst. Berlin 1866. S. 153

[2]) Möller bei Friedberg, Die Vergiftung durch Kohlendunst. S. 169.

[3]) Mosler, Berliner klin. Wochenschr. No 19. 1866.

[4]) Oppenheimer, Lehrbuch der phys. Heilmittel. S. 157. 1868.

[5]) M. Meyer, Die Elektricität in der prakt. Medicin. IV Aufl. S. 500. 1883.

[6]) Emminghaus, Neurologisches Centralblatt. No 5. 1883.

[7]) Pernice, Greifswalder med Beiträge. Bd. II. S. 1

mitgetheilt waren, in in- und ausländischen Fachblättern aufgestossen, theils brieflich mitgetheilt, welche hier nicht einzeln verwerthet werden können.

Auch ich selbst habe seit der Publication meiner ersten Fälle vielfach Gelegenheit gehabt, das Verfahren weiter zu prüfen und zwar an den relativ häufigsten Asphyxien durch Kohlendunst-, Leuchtgas- und Chloroformvergiftung, dann aber auch an schweren, das Leben bedrohenden Athmungsstörungen im Gefolge anderer Erkrankungen und Vergiftungen (Opium- und Morphiumvergiftung, 1 Schwefelwasserstoffvergiftung, 1 Intermittens perniciosa), dann wiederholt bei apoplectischen, saturninen und urämischen Encephalopathien, bei Asphyxie durch Ertrinken, Erhängen, Erfrieren, so dass ich nunmehr schon über ein ziemlich bedeutendes Material verfüge.

Der Schluss, den ich aus allen bisherigen Beobachtungen ziehe, ist der, dass die Methode der künstlichen Respiration durch Phrenicus-Elektrisirung eine hervorragende Stellung unter den Methoden der künstlichen Athmung einnimmt und überall angewendet zu werden verdient, wo die künstliche Athmung indicirt ist. An Schnelligkeit und Sicherheit des Effectes bei absoluter Einfachheit und Unschädlichkeit übertrifft sie alle übrigen Methoden, kann ohne Bedenken viele Stunden fortgesetzt werden und erfordert keine weiteren Vorbereitungen und Hülfsmittel, als einen Inductionsapparat, den doch wohl am Ende jeder Arzt heut zu Tage besitzt. Allerdings muss der Apparat einen kräftigen Strom liefern und volle Garantie geben, dass er nicht im kritischen Momente auslässt. Die Herbeischaffung des Apparates nebst Elektroden bringt auch selten Zeitverlust mit sich, da der Arzt, wenn er gerufen wird, meist von dem Boten schon die Schreckenskunde der stattgehabten Vergiftung oder des Unglücksfalles erfährt und durch denselben Boten sofort den Apparat an Ort und Stelle schaffen lassen kann.

Methode. Die Elektroden müssen ziemlich grosse Knöpfe oder Platten haben, damit einerseits die Phrenici sicher getroffen werden, andererseits aber auch die übrigen Inspirationsmuskeln entweder direct durch Berührung (M. scalenus ant., M. sternomastoideus) oder durch Erregung ihrer von dem Stromkreis getroffenen Nerven gereizt werden. Diese sind vom Plexus cervicalis: die motorischen Aeste für den M. cucullaris, Levator scapulae und Scalenus med., vom Plexus brachialis der N. thoracic. ant. für die Mm. pectoralis

major et minor, der N. thoracicus posterior für die Mm. scalenus med., Serratus postic. superior und die Rhomboidei, endlich der N. thoracicus lateralis für den M. serratus anticus major. In Anbetracht dessen, dass wir die Intercostalmuskeln nicht auf einmal in Contraction versetzen können, ist es, um eine möglichst ausgiebige Thoraxausdehnung zu erzielen, doppelt wünschenswerth, die auxiliären Inspirationsmuskeln mit herauzuziehen.

Damit die letzteren aber tüchtig angreifen können, ist es nöthig, Kopf, Arme und Schultern durch Assistenten fixiren zu lassen, damit die Ansatzpunkte der betreffenden Hülfsmuskeln zu Puncta fixa und ihre Ursprünge am Thorax zu Puncta mobilia werden. Vor Allem gilt dies von den Pectorales und den Serrati.

Die Dauer der einzelnen Reizung betrage etwa 2 Secunden: soviel erfordert ungefähr eine tiefe Inspiration. Dann wird die Kette geöffnet und gleichzeitig von einem Assistenten Bauchwand und Bauchinhalt mit breitem kräftigen Druck nach oben gegen das Zwerchfell geschoben. Sobald das die Exspiration nachahmende Hinaufdrängen des Bauchinhaltes beendet ist ($1\frac{1}{2}$—2 Secunden), tritt wieder die elektrische Reizung ein, und so wechseln die elektrisch erregten Inspirationsbewegungen mit mechanisch executirten Exspirationsbewegungen in regelmässigem Tacte ab. Erweist sich die faradische Erregbarkeit der Nn. phrenici erloschen und kehrt dieselbe nach 1—2 Minuten dauernder rythmischer Reizung nicht zurück, so ist noch ein Versuch mit dem constanten Strome theils auf die Phrenici, theils auf Oblongata und Herz geleitet, zu machen.

Tritt bei den ersten künstlichen Inspirationszügen Husten ein, was als ein sehr günstiges Phänomen zu betrachten ist, insofern die Reflexerregbarkeit der Bronchialschleimhaut sich dadurch als nicht erloschen documeutirt, so muss eine Pause gemacht werden. Ebenso ist es zweckmässig, nach einer Reihe vou Reizungen eine Pause eintreten zu lassen, um zu beobachten, ob und wie lauge sich die natürliche spontane Athmung erhält.

Ganz besonders aber muss betont werden, dass es sehr bedenklich ist, zu früh mit der künstlichen Athmung aufzuhören oder gar davonzugehen. In der Mehrzahl der bisher beobachteten Fälle hat sich gezeigt, dass die Athmung, nachdem sie nach Aussetzen der Elektrisation scheinbar ganz geordnet und energisch geworden war, allmälig wieder oberflächlicher und unregelmässig wurde und zuletzt ganz stille stand. Bleibt man nicht auf dem Posten, so kann noch

nach Stunden der Tod durch einfaches Asphyxierecidiv eintreten. Diese Recidive, welche in schweren Fällen und nach dem Aussetzen der künstlichen Respiration eintreten und ohne Kunsthülfe rascher oder langsamer wieder den alten desolaten Zustand der Respiration und Circulation herbeiführen, sind eigentlich der stringenteste Beweis für die unmittelbare Wirkung der künstlichen Respiration auf Blut, Herz und Athmungscentrum. Der Arzt hält hier in der That das Leben des Menschen in seiner Hand.

Begünstigend für das Wiederabsinken der Athmungsthätigkeit schien mir in zwei Fällen zu starke Abkühlung der Körperoberfläche zu sein, welche, bei dem Bestreben, frische Luft zuzuführen, bei niederer Temperatur der Aussenluft und der nothwendigen Entblössung des Oberkörpers leicht eintritt. Auch in Emminghaus' Falle trat der Rückfall zweimal ein und zwar jedesmal, nachdem die Kranke in's Freie geschleppt war und nach kurzer Zeit wegen heftigen Frostes in's Zimmer zurückgebracht wurde. Es dürfte also diesem Momente im gleichen Falle Aufmerksamkeit zuzuwenden sein.

Was die Stärke des Inductionsstromes anlangt, welche hier zum Ziele führt, so darf man nicht zu ängstlich sein. Ein Strom, der den M. opponens pollicis kräftig verkürzt, ist meist genügend, doch wird es oft nöthig, wenigstens im Anfang, die volle Stromstärke des Apparates zu benutzen. Sobald sich die Reaction der Phrenici und Genossen bessert, ist auch mit der Stromstärke zurückzugehen.

Der normale N. phrenicus ist allerdings in hohem Grade für den Inductionsstrom erregbar, wie mich meine Versuche an dem freiliegenden Phrenicus der Catharina Serafim gelehrt haben [1]. Der nur von der Haut bedeckte N. phrenicus sinister reagirte hier auf jeden localisirten Faradisationsreiz mit äusserst kräftiger Contraction der betreffenden Zwerchfellhälfte, als deren Ausdruck sich ein promptes Abwärtstreten des Bodens der Thoraxhöhle, welcher vom Zwerchfell gebildet wurde, um ca. 3,5 cm zeigte. Bei anhaltender Reizung mit mittelstarken Strömen (7,0 Rollenabstand in minimo) hielt auch der Tetanus der Zwerchfellshälfte an und konnte durch den Willen nicht überwunden werden, was bei schwächeren Strömen (zwischen 7,0 und 7,5 RA) noch möglich war. Schmerzen oder andere Empfindungen wurden von der Kranken während der Tetanisirung des N. phrenicus

---

[1] v. Ziemssen. Ueber die elektrische Erregbarkeit des N. phrenicus etc. D. Archiv f. klin Med. Bd. XXX. 1882.

nicht verspürt, so dass man also auch in Beziehung auf die Erregung von Schmerzen bei der künstlichen Respiration nicht den Phrenicus selbst, sondern nur die Reizung der sensiblen Nerven des Plexus cervicalis und brachialis in Rechnung zu ziehen hat.

Die Galvanisirung des N. phrenicus, welche ich bei der Serafim mit verschiedenen Stromstärken vornahm, ergab auch für den N. phrenicus die gleiche Zuckungsformel, wie für die übrigen motorischen und gemischten Nerven. Es entstand bei 60 S. E. und Rheostat in Nebenschliessung (das absolute Galvanometer fehlte uns damals noch) die KaSZ bei 400 SEW, die AnSZ bei 600 SEW, die AnOZ bei 700 SEW, während eine KaOZ überhaupt nicht zu erzielen war.

Elektrotherapie bei Erkrankungen des Herzens.

Die Wirkung des elektrischen Stromes auf das menschliche Herz ist bisher nur selten Gegenstand der Untersuchung gewesen. Dass dasselbe von Stromschleifen erreicht wird, haben meine Versuche an der Leiche (vergl. I. Theil, S. 38) ergeben, und neuere Versuche, welche ich am Lebenden anstellte, haben mich gelehrt, dass durch die unverletzte Brustwand Zweigströme von einer die Auslösung gewisser physiologischer Wirkungen genügenden Dichte auf das Herz geleitet werden können.

Die seltene Gelegenheit, über diese Frage am Lebenden Aufklärung zu erhalten, bot mir der erwähnte Fall der Catharina Serafim mit freiliegendem Herzen.

Es liess sich zunächst durch directe Einleitung des galvanischen Stromes auf das freiliegende Herz in seiner Ganglienregion constatiren, dass sich die Frequenz der Herzcontractionen willkürlich durch Volta-sche Alternativen sowohl, als durch das Fliessen des Stromes in constanter Höhe über das Normale, z. B. auf das Doppelte erhöhen liess, ohne den regelmässigen Rythmus in der Schlagfolge zu verwischen, dass dagegen eine Erniedrigung der Frequenz unter das Normale nur mittelst sehr hoher Stromintensität und nur in unvollkommener Weise gelang. Ferner, dass sich das Herz dem Inductionsstrome gegenüber selbst bei Anwendung hoher Intensitäten (bis 4 cm RA) insofern indifferent verhielt, als Frequenz und Rythmus nicht verändert wurden. Bei längerer Anwendung schien allerdings die Ven-

trikeldiastole keine ganz vollständige zu sein und die Curve hier und da etwas irregulär zu werden. Sensible Erregungen irgend welcher Art wurden durch die Elektrisirung des Herzens selbst nicht ausgelöst.

Es erschien hiernach die Möglichkeit, auf das Herz durch die Thoraxwand hindurch einen Einfluss zu üben, nur für den constanten Strom gegeben und es wurden deshalb in diesem Sinne auch Versuche von mir angestellt. Zunächst wurde an dem Herzen der Catharina Serafim der Beweis erbracht, dass das Herz auch dann in seiner Arbeit beeinflusst werden könne, wenn die Elektroden mit der Costalwand in Berührung waren und das Herz selbst ganz unberührt blieb. Diese Versuche, deren einer in Form einer cardiographischen Curve von mir (l. c. p. 303) vorgelegt ist, beweisen nun allerdings noch nicht, dass galvanische Ströme auch durch den ringsum geschlossenen Thorax das Herz mit einer dessen Function beeinflussenden Dichte erreichen können. Diesen Beweis lieferte eine Reihe anderer Versuche zunächst am Gesunden, wo ein sehr kräftiger Strom mit Commutation in einzelnen Fällen die Herzaction unregelmässig machte, dann aber an Kranken mit geschwächtem Herzmuskel (ohne Klappenaffectionen). Die Versuche an Letzteren haben gezeigt, dass bei nicht zu dickem Fettpolster, genügender sensibler Torpidität des Individuums und ausreichender Stromstärke es in manchen Fällen gelingt, einen günstigen Effect auf das Herz auszuüben, der sich in einer Steigerung der Energie der einzelnen Contractionen, Regelmässigwerden der Schlagfolge und Hebung der Pulswelle mit Spannungszunahme zu erkennen giebt, also Erscheinungen hervorruft, welche den Eindruck der Erfrischung der Herzthätigkeit machen. Dass diese Erscheinungen nicht die Folge der mit der Anwendung starker Ströme verbundenen Reizung sensibler Hautnerven sind, geht wohl daraus hervor, dass dieselben auch nach Beendigung der Galvanisation noch eine Zeitlang fortbestehen. Ob diese unmittelbare günstige Wirkung bei regelmässiger, durch längere Zeit fortgesetzter Galvanisation eine dauernde werden könne, vermag ich nach meinen bisherigen Versuchen nicht zu entscheiden. Doch dürfte die notorische anregende und erfrischende Wirkung des galvanischen Stromes auf Innervation und Nutrition der geschwächten quergestreiften Muskulatur, sowie auch der glatten Muskulatur des Magens, des Darms und der Blase genügende Analogie bieten für die Annahme, dass auch auf das kranke Herznerven- und -Muskelsystem der galvanische Strom diese günstigen Wirkungen

entfalten könne. Ich kann aber, wie gesagt, die Frage noch nicht für spruchreif erklären und habe meine Versuche noch nicht abgeschlossen.

Inzwischen sind, veranlasst durch die vorstehende Untersuchung, zwei Arbeiten erschienen, welche sich mit der Frage beschäftigen, ob das menschliche Herz im geschlossenen Brustkorbe vom elektrischen Strome beeenflusst werden könne. Es sind die Arbeiten von von Herbst[1]) und von Dixon Mann[2]). Beide untersuchten die Einwirkung der beiden Stromesarten vorwiegend an Gesunden und kamen nicht nur in Bezug auf den faradischen, sondern auch im Betreff der Einwirkung des galvanischen Stromes auf das Herz zu negativen Ergebnissen. Da die von beiden Forschern angewendete Methode einwurfsfrei erscheint, insofern sie die gleich hohen Stromintensitäten wie ich mit und ohne Commutation etc. anwendeten, so muss aus diesen Versuchen zunächst wohl geschlossen werden, dass das Zustandekommen der von mir beobachteten physiologischen Effecte besondere Bedingungen in der Beschaffenheit des also behandelten Individuums und speciell des Herzens voraussetzt. Damit ist aber selbstverständlich die Möglichkeit einer heilsamen Wirkung des Stromes nicht ausgeschlossen, und insbesondere nicht die Möglichkeit, dass durch oft wiederholte Durchströmungen des Herzens eine Wirkung erzielt werde, welche sich bei und nach einmaliger Galvanisation nicht zu erkennen giebt. Dann ist es besonders auch der Zustand des Herzmuskels, welcher hier in Betracht kommt. Die Schwächezustände eines dilatirten und hypertrophischen Herzens ohne Klappenfehler, mit denen wir im Münchener Krankenhause so häufig zu thun haben, eignen sich für derartige Versuche natürlich in ganz anderer Weise, als irreparable Klappenfehler oder kräftige Herzen von Gesunden. Auch die Herzen von Reconvalescenten aus schweren Infectionskrankheiten, besonders von Abdominaltyphus, eignen sich (selbstverständlich mit der gebotenen Vorsicht) für solche Versuche.

Ich bin weit entfernt, mich grossen Erwartungen betreffs der Heilkraft des constanten Stromes bei Herzkranken hinzugeben, muss aber doch auf Grund dessen, was ich gesehen habe, die ganze Frage als weiterer Prüfung werth bezeichnen, besonders an geschwächten

---

[1]) Herbst, Archiv f. exper. Path. 1884. S. 9.

[2]) Dixon Mann, On the action of electricity on the human heart. The medical Chronicle. April 1885.

Herzen angestellt mit Herbeiziehung aller uns heut zu Tage zur Disposition stehenden physikalischen Hülfsmittel für die Beurtheilung der Herzfunction.

Etwas anders liegt die Frage von der Wirksamkeit des constanten Stromes bei reinen Innervationsstörungen des Herzens ohne Erkrankung der Muskelsubstanz. In dieser Beziehung hat der galvanische Strom eine ziemlich sichere Wirkung, wenn die Pole am Halse subaural applicirt werden. Bei chronischen Herzpalpitationen, bei Morb. Basedowii kann man sich von der relativ prompten Wirkung überzeugen. Flies[1]) hat in dieser Richtung eine Reihe von Versuchen an Kranken mit Herzpalpitationen (mit und ohne organische Herzkrankheiten) angestellt, indem er beide Vagi am Halse täglich 1—2 Minuten lang galvanisirte. Der Erfolg war ein durchaus befriedigender, Anfangs nur subjectiv an der Abnahme der Frequenz und Energie der Herzcontractionen zu erkennen. Auch Erb (l. c. S. 655) konnte in einem Falle von starken Herzpalpitationen mit Irregularität der Herzaction und hochgradigem cardialen Asthma (wahrscheinlich auf organischer Erkrankung beruhend) einen relativ sehr günstigen palliativen Erfolg erzielen. Die Methode war Galvanisation des Vagus am Halse und Nacken resp. Herzgegend.

Für Morbus Basedowii, dieser Herzinnervationsstörung par excellence, können wir die günstige Wirkung des galvanischen Stromes auf die stürmische Herzaction durch zahlreiche Mittheilungen zuverlässiger Beobachter als erwiesen erachten. Die Publicationen von v. Dusch[2]), Chvostek[3]), Mor. Meyer[4]), Eulenburg[5]), Rockwell[6]), Blackwood[7]) stimmen überein in dem günstigen Urtheil über die Wirkung auf Herzpalpitationen und Struma (der Exophthalmus bleibt ungebessert). Die Methode ist Galvanisation am Halse (sub-

[1]) Flies, Ueber den Einfluss dos constanten galvanischen Stromes auf den krankhaft vermehrten und verstärkten Herzimpuls. Berliner klin. Wochenschr. No. 26. 1865.

[2]) v. Dusch, Lehrbuch der Herzkrankheiten. 1868. S 362

[3]) Chvostek, Wiener medic. Presse. 1869, 19—46. 1871, 41—52. 1872, 23—46.

[4]) M. Meyer, Die Elektricität und ihre Anwendung etc IV. Aufl. 1883. S. 515 ff.

[5]) Eulenburg, Mein Handbuch. Bd. XII. 2. II. Aufl. 1877.

[6]) Rockwell, New-York med. Record. 1880. Sept.

[7]) Blackwood, Philad. med. Times. 1881. April.

aural) und über dem Halsmark. Wir selbst können uns dem allgemeinen günstigen Urtheil insoweit anschliessen, dass eine günstige palliative Wirkung auf die Herzerscheinungen fast immer eintritt, wenn sie auch nur selten eine dauernde ist.

Endlich ist noch zu erwähnen die Empfehlung der Elektropunctur des Herzens bei beginnender Herzparalyse durch Chloroform etc. durch Steiner[1]). Nach diesem Autor muss die Wiederherstellung der Herzthätigkeit noch vor der der Athmung stattfinden, da die letztere ohne die erstere nicht genügende Garantie für die Wiederbelebung bietet und andererseits das Herz seine Erregbarkeit für den elektrischen Strom sehr rasch verliert. Die, wie an Thieren nachgewiesen wird, absolut unschädliche Electropunctur des Herzens soll nach Steiner im 5. Intercostalraum 3 cm links vom Sternum vorgenommen werden. (2. Pol im Epigastrium) und soll der Inductionsstrom[2]) (nach Verlauf einiger Secunden immer etwas unterbrochen) so lange eingeleitet werden, bis die Herzaction kräftig und regelmässig geworden ist. Erst dann soll die künstliche Respiration als kräftiges Unterstützungsmittel der Wiederbelebung zur Anwendung kommen.

Steiner hat bisher keinen Nachfolger gehabt, was wohl auf den gewiss berechtigten Respect vor der Elektropunktur des Herzens, der noch durch die Warnungen Vulpian's[3]) gesteigert wurde, zurückzuführen ist. Wirksam ist das Verfahren sicherlich, und es wäre im hohen Grade erfreulich, wenn es gelänge, die Bedenken, welche der Herzstich immer erwecken wird, durch percutane Erregung des Herzens zu umgehen, ohne der Wirksamkeit der Procedur zu nahe zu treten. Allein soweit sind wir leider noch nicht.

Elektrotherapie bei Krankheiten des Verdauungsapparates.

Speiseröhre.

Die elektrische Behandlung des Verdauungscanals, früher rein empirisch von verschiedenen Autoren mit wechselndem Erfolge ver-

[1]) v. Langenbeck's Archiv f. klin. Chir. Bd XII. S. 741. 1871.

[2]) Steiner spricht auffallenderweise immer von Galvanisation des Herzens, während er nur Inductionsströme des Rotationsapparates und eines Inductionsapparates mit einem Smee'schen Elemente benutzte.

[3]) Vulpian, Gaz. hebdom. No. 52. 1874.

sucht, ist im letzten Decennium durch eine Reihe von physiologischen Untersuchungen nicht unerheblich gefördert worden.

Die Speiseröhre hat allerdings an diesen Fortschritten nur geringen Theil genommen. Die Seltenheit von Neurosen der Speiseröhre ist wohl die Ursache der Seltenheit der therapeutischen Versuche. An fremden Beobachtungen finde eine solche von Brenner (l. c. Bd. II., S. 85), welcher eine sensible Neurose des Oesophagus, die sich durch eine nervöse Pyrosis zu erkennen gab, beseitigte durch Galvanisation am Halse resp. Nacken (Ka zwischen Kehlkopf und Sternocleidomastoideus, An im Nacken), ferner Beobachtungen von Ganghofner[1]), welcher 2 Fälle von Spasmus oesophagi bei Mädchen, bei denen Nichts durchging, und der Versuch, die Schlundsonde einzuführen, Erstickungsanfälle durch Glottiskrampf hervorrief, die Galvanisation am Halse sofortigen Nachlass des Krampfes bewirkte, so dass nun die Sonde anstandslos in den Magen hinabgefürt werden konnte. Auch M. Mackenzie (l. c.) hat einige Fälle von Krampf und von Lähmung des Oesophagus erfolgreich mit Elektricität behandelt.

Ich kann zu dem vorliegenden mehrere Fälle von diphtheritischer Anästhesie und -Parese des Oesophagus und Pharynx hinzufügen, ferner einen Fall von Paralyse ohne nachweisbare Ursache und endlich mehrere Fälle von Spasmus oesophagi bei hysterischen Frauen und neurasthenischen Männern. Die elektrische Behandlung schien in den meisten Fällen von guter Wirkung zu sein, mehr wage ich nicht zu sagen, da neben dem elektrischen Strome noch verschiedene andere Einwirkungen, als Sondenbehandlung, Bäder etc. zur Geltung kamen.

Es wird überhaupt immer schwierig bleiben, über das Verhalten des Oesophagus gegen den elektrischen Strom unter pathologischen Bedingungen in's Klare zu kommen, da man nicht einmal die normale elektrische Reaction von der Wirkung des mechanischen Reizes der Elektrode unterscheiden kann. Jedenfalls sind in dieser Beziehung weitere Studien nothwendig.

Methode. Die von Brenner und Ganghofner befolgte Methode, von der ich auch in zwei Fällen von Krampf gute Dienste sah, besteht in der Application der Elektroden beiderseits auf die Gegend des Vagusverlaufes am Halse, also zwischen Kehlkopf und

[1]) Prager med. Wochenschr. 1876. No. 5 u. 6.

Kopfnicker oder die An im Nacken, die Ka über dem N. vagus. Ob auf diese Weise eine Einwirkung auf den Vagus stattfindet, ob die günstige Wirkung bei diesen Krampfzuständen in Pharynx und Oesophagus dem elektrischen Strom zuzuschreiben ist, muss dahingestellt bleiben. Bei Paralysen und Paresen, Anästhesie und Areflexie der Speiseröhre, welche Zustände im Gefolge diphtheritischer Lähmung der Rachenorgane gar nicht selten sind, ziehe ich eine vorsichtige Sondenelektrodenbehandlung vor, da hier der elektrische Strom nicht nur direkt auf die gelähmte Muskulatur einwirkt, — indifferente grosse Elektrode längs der Wirbelsäule dem Verlauf der Speiseröhre entsprechend, — sondern auch eine energische Reizwirkung auf die sensible und Reflex-Sphäre ausübt, ganz in derselben Weise, wie dies bei den diphtheritisch gelähmten Rachenorganen geschieht. Vielleicht ist es nützlich, die Oblongata-Hals-Galvanisation ausserdem noch stattfinden zu lassen. Vorsicht in der Dosirung der Ströme in der Speiseröhre wird von allen Autoren wegen der Nähe der Vagusstämme empfohlen und ist auch nach meiner Erfahrung nicht blos durch die Nähe der Vagi und des Herzens, sondern auch durch die höchst unliebsamen subjectiven Empfindungen geboten, über welche die Kranken bei nur einigermaassen starken Strömen klagen.

Magen.

Eine elektrische Behandlung des Magens findet ihre Stelle bei denjenigen Erkrankungen des Magens, bei denen es sich um Beseitigung von Hyperästhesien und Parästhesien, ferner um eine Anregung der motorischen, secretorischen und vielleicht auch vasomotorischen Innervation handelt. Es sind das sehr zahlreiche und bedeutungsvolle Zustände, vor Allem die Cardialgie ohne nachweisbare Organveränderung, die reflectorische Anorexie und Dyspepsie, dann die mannigfachen Verdauungsstörungen, welche Lage, Form- und Grössenverhältnisse des Magens, Fixationen durch Geschwürsnarben am Pancreas etc. im Gefolge haben, endlich atonische und degenerativ-atrophische Zustände der Muskularis.

Die Auffassung, als handle es sich bei der Elektrisation des Magens vor Allem um die Tendenz, Contractionen der Magenmuskularis und Verkleinerung eines ektatischen Magens zu bewirken, kann ich in der Hauptsache nicht als zutreffend bezeichnen; vielmehr halte ich

die Einwirkung des Stromes auf die secretorische, vasomotorische und sensible Innervation für wichtiger und praktisch bedeutsamer, als die Beeinflussung der motorischen Sphäre.

Es ist hier nicht der Ort, die Wirkungen der beiden Arten des elektrischen Stromes auf den Magen, wie sich dieselben nach meinen Versuchen an Menschen und Thieren herausstellen, eingehend zu besprechen. Die Ergebnisse sind zum Theil schon in der Dissertation des Dr. Caragiosiadis (München 1878) und durch meine Mittheilungen auf der Versammlung der Naturforscher und Aerzte in Baden-Baden bekannt gegeben. Ich muss mich hier auf die Mittheilung der von mir angewendeten Methode und der therapeutischen Ergebnisse beschränken.

Methode. Die Elektrisation der Magenwand von innen her mittelst gedeckter Sonden-Elektroden habe ich seit dem Jahre 1879 nach mehrjährigen Versuchen an Gesunden und Kranken wieder verlassen, da bei diesem Verfahren eine zu ungleichmässige Erregung der Magenwand, insbesondere eine unverhältnissmässig starke Reizung der dem Sondenfenster zunächst gelegenen Wandstrecke Platz greift, auch wenn die andere Elektrode aussen über dem Magen steht. Die Sonden-Elektrisirung ist ausserdem für die Kranken unangenehm und anstrengend, auch therapeutisch nicht erfolgreich.

Dagegen erweist sich die percutane Elektrisation mit Elektrodenplatten grössten Querschnittes (5—600 Qu.-cm), von denen die eine der vorderen Magenwand entsprechend auf das Epigastrium, das linke Hypochondrium und die linken falschen Rippen, die andere der hinteren Magenwand und dem Fundus entsprechend auf den hinteren unteren Umfang der linken Thoraxfläche incl. der Wirbelsäule aufgesetzt wird, ungleich wirksamer und angenehmer. Bei der Grösse des Elektroden-Querschnittes sind natürlich sehr hohe Stromstärken nöthig, um den zum Magen gelangenden Stromzweigen eine ihre Wirksamkeit garantirende Dichte zu geben (60 E. Siemens mit und ohne Commutation, Inductionsstrom mit 4—5 cm Rollenabstand), diese hohe Stromintensität kommt aber bei guter Polsterung und Anfeuchtung mit sehr warmem Wasser dem Patienten, was den Hautschmerz anlangt, nicht unangenehm zur Geltung. Ich beginne mit dem Inductionsstrom, lasse dann den constanten Strom stabil und mit Volta'schen Alternativen folgen und schliesse wieder mit dem Inductionsstrom labil, unter Umständen auch mit trockener Metallbürstung des Epigastriums,

um auf reflectorischem Wege auf die Mageninnervation erregend zu wirken.

Der therapeutische Effect ist bei den oben bezeichneten Zuständen im Allgemeinen ein sehr befriedigender, insofern eine Anregung des Appetites und der activen Verdauungsfähigkeit schon nach den ersten Applicationen folgt, welche geradezu überraschend ist. Ganz besonders wohlthuend ist auch die Wirkung auf die sensible Sphäre des Magens und häufig auch auf das gesammte Nervensystem, insofern sich die Schmerzen und die unbehaglichen Empfindungen im Unterleibe vermindern und damit eine psychische und somatische Erfrischung sich kundgiebt. Alle diese Effecte sind am ausgeprägtesten bei nervösen Constitutionen, Hysterischen und Neurasthenikern, sie bewähren sich aber auch bei Gastrectasien, Lage- und Formveränderungen des Magens, Adhäsionen desselben und anderen Residuen früherer ulceröser Processe, dann bei Bleicardialgie und Bleikolik etc. Dass bei Anwendung dieser Behandlungsmethode die sonstigen empirisch bewährten Agentien (Diätotherapie, Hydrotherapie, Thermen, Seebäder etc.) nicht vernachlässigt werden sollen, ist selbstverständlich.

Darm.

Auch unter den Darmkrankheiten ist es das Gebiet der nervösen Störungen sowohl in der sensiblen und motorischen, als auch in der secretorischen und vasomotorischen Sphäre, welche von der elektrischen Behandlung in günstiger Weise beeinflusst wird. Ich möchte auch hier die Anregung der Peristaltik weniger betonen, als es gewöhnlich geschieht, da nach meiner Erfahrung die therapeutischen Wirkungen des Stromes bei habitueller Obstruction höheren Grades hinter denen der Massage und Gymnastik im Allgemeinen zurückstehen. Dagegen ist das Gebiet der perversen Gemeingefühle im Unterleibe, welche oft so qualvoll für den Kranken sind, die peinliche Gasentwicklung, die Belästigung des ganzen Nervensystems, vor Allem des Kopfes durch den Verdauungsprocess, kurz die ganze Reihe functioneller Störungen, für welche ein anatomisch greifbares Substrat sich nicht finden lässt, geeignete Objecte der elektrischen Behandlung. Im Allgemeinen sind ja, wie man weiss, diese Störungen der Therapie schwer zugänglich, da Diätvorschriften, Mineralwässer, Thermen, Seebäder sich meist wenig wirksam erweisen. Um so werthvoller ist in solchen Fällen das elektrische Agens, besonders wenn es in Verbin-

dung mit zweckmässiger Diät, geregelter körperlicher Thätigkeit, Gymnastik und Massage zur Anwendung kommt.

Ueber die Wirkung der Elektricität bei acuten atonischen und paralytischen Zuständen des Darms, welche zu Koprostase, Invagination und Ileus führen können, besitze ich keine Erfahrung und begnüge mich deshalb, darauf hinzuweisen, dass verschiedene, besonders französische Aerzte (Ballouhey, Bucquoy), in der neueren Zeit bei solchen acuten Darmverschliessungen Nutzen von der Elektricität gesehen haben wollen.

Die Methode der Darmelektrisation entspricht im Wesentlichen der im Vorstehenden beschriebenen Methode der Magenelektrisation. Die Elektrodenplatten grössten Querschnittes (600 Qu.-Ctm.), wohl gepolstert und wohl angefeuchtet, werden die eine auf die vordere Bauchwand, die andere auf die hintere Beckenwand und Lumbalgegend aufgesetzt. Die Krümmung der Platte muss für jeden einzelnen Fall durch Biegen so hergerichtet werden, dass die Elektrode überall gut anliegt. Beide Ströme werden, wie beim Magen, in höchster Intensität nach einander eingeleitet und der Schluss wird mit einer energischen Pinselung oder Bürstung der Bauchwand (Inductionsstrom hoher Intensität) gemacht.

Die Einführung eines Pols in den Mastdarm kann ich nur für atonische und paralytische Zustände desselben, Prolapsus recti etc. empfehlen. Es wird dazu die dicke Mastdarmelektrode mit Metallknopf genommen und die andere Elektrode mit feuchter Platte auf das Hypogastrium aufgesetzt. Beide Ströme sind hier anzuwenden, der constante nur mit Volta'schen Alternativen. Der Erfolg ist zuweilen recht befriedigend.

Elektrotherapie bei Krankheiten des Urogenitalapparates.

Harnblase.

Die Paralysen und Paresen der Harnblase können bei den verschiedensten Grundleiden eine günstige Beeinflussung erfahren, sowohl die rein peripherisch begründete Parese des M. detrusor mit oder ohne Verengerung der Harnröhre oder des Blasenhalses, als auch die central begründeten Schwächezustände der Blasenmuskulatur bei Rückenmarksaffectionen, besonders bei Tabes.

Die Einwirkung des Stroms auf die motorischen Elemente der Harnblase ist beim Thierversuch eine sehr prompte: bei directer Berührung des Scheitels der gefüllten Blase tritt bei genügender Stromstärke eine Contraction des Detrusor und vollständige Entleerung der Blase ein, so beim Kaninchen, beim Hunde. Beim Menschen gelingt es nicht, die Blase zur Entleerung zu bringen, auch wenn man die eine Elektrode in die Harnröhre einführt und die andere an die hintere Blasenwand vom Mastdarm aus applicirt. Allein zur Kräftigung der Blasenmuskulatur ist ein solcher Entleerungseffect ebensowenig nöthig, wie beim Magen und beim Darm. Wenn die Blase regelmässig und rechtzeitig durch den Catheter entleert wird, dann vermag der elektrische Strom sehr günstig auf die atonische oder selbst theilweise degenerirte Muskulatur einzuwirken.

Ebenso günstig ist die erregende Wirkung auf die motorische und sensible Innervation bei Zuständen von Parese des Sphincter, bei Anästhesie oder Hyperästhesie der Blasenschleimhaut, doch hängt selbstredend der Erfolg in erster Linie von der Gravität der zu Grunde liegenden Störung ab. Aber auch selbst bei schweren spinalen Erkrankungen, z. B. Myelitis, Tabes ist die Besserung der Blasenfunction durch den elektrischen Strom meist eine sehr augenfällige und für den Patienten erfreuliche. Auch bei der Enuresis nocturna werden hier und da sehr hübsche Erfolge erzielt.

Methode. Die percutane Application genügt für die meisten Fälle: Die eine Elektrode am Damm, die andere über der Symphyse oder über dem Lendenmark, beide Ströme nach einander. In hartnäckigen Fällen muss man die Mastdarmelektrode per anum an die hintere Blasenwand hinaufschieben und die Kette über der Symphyse oder wenn Sphincterparese besteht, in der Harnröhre am Blasenhalse schliessen. Der constante Strom ist hier nur in Form von Volta'schen Alternativen anzuwenden, um elektrolytische Wirkungen auf die von der Ka berührten Schleimhautstellen zu vermeiden.

An den männlichen Genitalien ist vorzüglich der einfache, durch masturbatorische Ueberreizung der Geschlechstheile bedingte Erectionsmangel, die mangelhafte, oft schmerzhafte Wollustempfindung, sowie die Anästhesie und Kälte der Haut oder Schleimhaut der Genitalien Gegenstand der elektrischen Behandlung, meist mit gutem Erfolg.

Die Methode ist faradische Pinsel- oder Bürstenbehandlung

der anästhetischen Haut des Scrotum und Penis, der Schleimhaut der Glans penis; dann mittelst Urethral-Elektrode Faradisation der Harnröhre, welche letztere gewöhnlich einen überraschend hohen Grad von Anästhesie documentirt. Zur Anregung der Erection hat eine Reizung der Mm. bulbo-cavernosus und ischio-cavernosus vom Mastdarm aus zu geschehen, was ohne Schwierigkeiten, am besten auf einem gynäkologischen Untersuchungsstuhle, ausführbar ist. Die andere Elektrode wird am besten in Form einer Harnröhrenelektrode bis an die Pars prostatica eingeführt. Der Inductionsstrom muss kurzdauernd aber kräftig, der constante mit Commutationen angewendet werden. Dauer der Sitzung nur 2—3 Minuten. Die Galvanisation des Rückenmarks (Lendentheil) ist nicht zu vernachlässigen, ebenso ist auch die allgemeine Elektrisation und das elektrische Bad zu versuchen, besonders bei gleichzeitiger allgemeiner Neurasthenie. daneben ist Massage, Gymnastik, Hydrotherapie anzuwenden.

Elektrotherapie der Krankheiten des Bewegungsapparates.

Muskeln.

Die acuten rheumatischen und traumatischen Muskelentzündungen, Myalgien und Myorrhexen sind häufige Objecte für die elektrische Behandlung des Bewegungsapparates.

Bei den acuten Myalgien und Myorrhexen kämpfen jetzt Elektricität und Massage um den Vorrang, und in der That, beide haben ihre Vorzüge und verdienen gleichzeitig zur Anwendung zu kommen. Wo die Schmerzhaftigkeit so bedeutend ist, dass die Massage unthunlich ist, da hat der constante Strom entschieden den Vortritt, auch wohl der faradische Pinsel. Sobald aber die Empfindlichkeit nachgelassen hat, muss das mechanische Moment beigezogen werden, entweder in der Form der faradischen Contraction des betreffenden Muskels oder der Massage oder beider vereinigt in der sogenannten elektrischen Massirrolle. Alle 3 Proceduren sind anfänglich sehr schmerzhaft und erfordern bei empfindlichen Individuen hier und da wohl der Mitwirkung einer subcutanen Morphiuminjection oder einer leichten Chloroformnarkose. Aber schon die zweite und noch mehr die dritte Application verläuft nahezu schmerzlos und die Schnelligkeit der Beseitigung einer solchen intensiv auftretenden Lumbago oder Affection des Cucullaris oder der tiefen Nacken- und Wirbelstrecker ist gegenüber

der Langsamkeit des Verlaufes bei indifferenter Behandlung geradezu imponirend. Bei der Massage sehen wir ja dieselbe rapide Rückbildung der serösen oder hämorrhagischen Infiltration des Sarcolemma, indessen ist hier das Verfahren wohl noch schmerzhafter.

Bei den Inactivitäts-Dystrophien der Muskeln hängt natürlich Alles von der Möglichkeit ab, dass der Muskel von der mechanischen Hemmung seiner Function befreit werde. Ist dies geschehen, so vermag der elektrische Strom die Ernährung und Contraction und damit die Restitution der verloren gegangenen Muskelfasern herbeizuführen. Sehr unterstützend wirkt auch hier die Massage.

Gelenke.

Von den **Gelenkaffectionen** sind die reinen Gelenkneurosen dem constanten und faradischen Strome am ehesten zugänglich neben der mechanischen Behandlung, wie sie Esmarch so erfolgreich eingeführt hat.

Auch die acute Polyarthritis rheumatica gestattet dem elektrischen Strom einen günstigen Einfluss auf Entzündung, Exsudation und Schmerz und zwar sind hier, wie es scheint, beide Ströme wirksam. Die von Drosdoff[1]) auf Botkin's Klinik mit dem faradischen Strome erzielten günstigen Erfolge konnten auch von Beetz[2]), der auf meiner Klinik eine Reihe von Versuchen anstellte, bestätigt werden. Gleichzeitig hat auch Abramovski[3]) aus Frerichs' Klinik gute Erfolge publicirt. Jedenfalls ist die Elektrisation der befallenen Gelenke in den Fällen, in denen die Rheumarthritis der abortiven Salicylbehandlung widersteht, zu empfehlen, und dürften vor der Hand noch beide Stromesarten nach einander in ein- und derselben Sitzung anzuwenden sein.

Methode. Wie schon oben erwähnt, wähle ich für die Gelenkelektrisation biegsame Elektrodenplatten von der Grösse, dass das Gelenk von beiden Polplatten, soweit es möglich ist, umfasst oder doch in möglichst grosser Ausdehnung bedeckt ist. Dauer der Sitzung 5—10 Minuten, nach Bedarf, d. h nach der Heftigkeit des Schmerzes, 3—4 Mal täglich. Auch die trockene Pinselung der Gelenke ist zu versuchen.

---

[1]) Drosdorff, Centralbl. f. d. med. Wissensch. No. 17. 1875.
[2]) Beetz, D. Archiv f. klin. Med. XVIII S. 452. 1876.
[3]) Abramovski, Berl. klin. Wochenschr. No. 7 u 8. 1876.

Bei chronischem Gelenkrheumatismus und anderen Formen chronischer Gelenkentzündung greift dieselbe Indication und dieselbe Methode Platz. Die Erfolge sind ziemlich günstig, wenn zweckmässige mechanische Behandlung (Massage, active und passive Gymnastik) die Elektrisation unterstützt.

Am wenigsten wird bei der eigenthümlichen Dystrophie der Gelenke, welche wir Arthritis deformans nennen, erreicht. Die locale Behandlung der Gelenke erscheint so gut wie unwirksam, dagegen wird die Galvanisation am Halse (Sympathicus-Galvanisation) von Remak sen., M. Meyer u. A. gerühmt. Der Erfolg in dem von M. Meyer genau beobachteten und beschriebenen Falle (l. c. S. 518 No. 170) ist allerdings eminent günstig und fordert gebieterisch auf, die subaurale Galvanisation in solchen Fällen nicht unversucht zu lassen. Bei der Unwirksamkeit der gangbaren Thermal- und Moorbad-Behandlung sowie der inneren Medicationen bleibt auch kaum etwas anderes übrig, als Elektricität und Massage mit Gymnastik.

Elektrotherapie bei Krankheiten der Drüsen.

Die Tumoren der Milz, der Schilddrüse, der Prostata und der Lymphdrüsen sind seit mehr denn zwei Decennien von verschiedenen Autoren der Einwirkung des elektrischen Stromes unterworfen worden, ohne dass bisher ein volles Einverständniss über die Art und Grösse der zu erreichenden Wirkung erzielt wäre.

Was die Milz anlangt, so ist es nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Chvostek[1]), Skorczewsky[2]), Schroeder[3]), Mader[4]) u. A. wohl als zweifellos zu betrachten, nicht nur dass die menschliche Milz contractil ist, sondern dass es auch möglich ist, das Organ, wenn es vergrössert und nicht zu hart ist, durch Elektrisation zu verkleinern. Die reducirende Wirkung auf das Volumen des Milztumors wird vornämlich als eine reflectorische Wirkung der Hautreizung auf die glatte Muskulatur der Gefässe und des Gerüstes der Milz aufgefasst, indessen die Möglichkeit einer directen percutanen Stromwirkung auf das Organ und seine contractilen Elemente offen gelassen.

---

[1]) Chvostek, Wiener med. Presse, No. 7ff 1870, und Wiener med. Blätter. No. 2—5. 1879.

[2]) Skorczewsky, Wiener med. Wochenschr No 21—23. 1876.

[3]) Schroeder, Petersburger med. Wochenschr. No. 40. 1879.

[4]) Mader, Wiener med. Presse. No. 46. 1880.

Ich habe nicht Gelegenheit gehabt, die Angaben der oben genannten Autoren, die sich auf frische Malariamilzen, also auf relativ weiche Tumoren beziehen, zu prüfen, da in München Malariaerkrankungen zu den grössten Seltenheiten gehören.

Dagegen habe ich die Angaben von Botkin[1]), dass es ihm gelungen sei, leukämische Milztumoren zur Verkleinezung zu bringen und damit gleichzeitig die Zahl der weissen Zellen im Blute zu vermehren, an 5 ganz geeigneten Fällen von lienaler Leukämie zu prüfen Gelegenheit gehabt. Die Methode von Botkin wurde genau befolgt, ausserdem aber auch trockene Pinselung angewendet und beide Stromesarten versucht. Wir hatten allerdings auch oft den Eindruck, als ob die Milz nach der Elektrisation kleiner sei, allein genaue Controle der Grössenverhältnisse mit dem Bandmaass überzeugten uns immer wieder, dass die Verkleinerung nur eine scheinbare sei. In einigen Fällen wurde die Elektrisation monatelang fortgesetzt, und noch in dem letzten Falle, der auf meiner Klinik lag und der wegen der relativ raschen Entwickelung der Leukämie, dem jugendlichen Alter des Mädchens und der ungewöhnlichen Zartheit und Dünne der Bauch- und Brustwand ganz besonders geeignet erschien, hat Dr. Stintzing mehrere Wochen mit grösster Sorgfalt die Elektrisation ausgeführt, aber vergeblich. Ich muss deshalb behaupten, dass der elektrische Strom auf leukämische Milztumoren, selbst relativ frische, einen Umfang-reducirenden Einfluss nicht hat, und stehe hiermit ganz in Uebereinstimmung mit Elias[2]) und Mosler[3]), welche ebenfalls zu negativen Ergebnissen bei ihren Versuchen gelangt sind. Auch einen Einfluss der Milzelektrisation auf den Gehalt des Blutes an weissen Blutkörperchen konnten unsere Zählungen nicht constatiren.

Die Schilddrüsentumoren können, so lange sie leidlich weich sind, durch beide Stromesarten verkleinert werden. Die positiven Erfolge zuverlässiger Autoren, wie Chvostek[4]), v. Bruns sen.[5]) stimmen mit den meinigen durchaus überein. Beide Ströme sind hier wirksam, doch scheint der constante Strom in Bezug auf Reducirung

---

[1]) Botkin, Die Contractilität der Milz. Berlin 1874.

[2]) Elias, Zur Elektrotherapie der Leukämie. D. Klinik. No. 5. 1875.

[3]) Mosler, Leukämie. Berlin 1876.

[4]) Chvostek, Oesterr. Ztschr. f. prakt. Heilkd. No. 51, 52. 1869.

[5]) v. Bruns, Galvanochirurgie etc. Tübingen 1870.

hyperplastischer Gewebe eine höhere Facultät zu besitzen, als der inducirte.

Methode. Stabile Durchleitung eines mittelstarken constanten Stromes, täglich ca. 10—15 Minuten lang, bei torpiden Naturen sogar noch länger. Der Versuch, mittelst der trockenen Pinselelektrode reflectorisch auf den Gefässapparat der Struma zu wirken, erscheint räthlich.

Die Lymphdrüsen-Tumoren verhalten sich analog den Kröpfen, wie die zahlreichen Versuche von Duchenne (l. c.), Boulu[1]), v. Bruns (l. c.), M. Meyer (l. c.) beweisen. Die gangbare Methode führt hier allerdings sehr langsam zum Ziel; um so rascher dagegen wirkt nach Mittheilung des Autors die von M. Meyer[2]) neuerdings angegebene Methode des Spaltens der Drüsengeschwülste durch den elektrischen Strom. Durch wiederholte Unterbrechungen eines ausserordentlich starken Inductionsstromes oder durch Wendungen eines sehr starken Batteriestromes wurden von ihm Drüsengeschwülste in wenigen Minuten sichtlich verkleinert, erweicht und in mehrere kleinere Drüsen zerspalten. Diese interessante Thatsache, für welche M. Meyer die klinischen Belege beibringt, hat weitere Versuche nicht nach sich gezogen, wenigstens liegen, so viel ich sehe, keine weiteren Publicationen vor. Gerade für Drüsenschwellungen in bedenklichen Regionen (Halsdrüsen, Prostata) dürfte dieses rasch wirkende Verfahren sehr passend sein, wenn sich die Wirksamkeit desselben weiterhin bestätigen sollte. Auch dürfte dieser Erfolg ermuthigen, an die elektrische Behandlung von Hyperplasien der Leber, der Nieren und der Prostata zu gehen, von deren Beeinflussung durch den elektrischen Strom bisher nur einzelne Thatsachen bekannt geworden sind. Was die Prostata anlangt, so liegen allerdings Berichte über therapeutische Erfolge vor, allein dieselben bedürfen noch sehr der Controle.

---

[1]) Boulu, Union méd. No. 63. 1856.

[2]) M. Meyer, Berliner klin. Wochenschr., No. 10 1874, und Die Elektricität etc. IV. Aufl. S. 576. 1883.

Namen- und Sach-Register.

A.

Abducens-Lähmung 411, 426.
Abductores hallucis et digit. 286; pollicis 259, 267; digiti V. 261.
Abramovski 451.
Accessorius Will. 235, 292, 295, 298, 419; ram. ext. Zuckungsformel 76.
Accommodationsstörung 427; bei Acusticuserkrankung 338.
Acusticus, Galv. 119; Hyperästhesie dess. 336, 428; Torpor dess. 338.
Adamkiewicz 323.
Adductores femoris 278; pollicis 262.
Ageusie 429.
Agoraphobie 389.
Agrypnie 363, 373, 375, 389.
Alter, Wassergehalt der Knochen, des Gehirns in dems. 16, 18; Hautwiderstand bei dems. 23.
Althaus 92, 114, 125, 130.
Amenorrhoe 366.
Ampère 189.
Amyotrophie 326, 407.
Anästhesie, Analgesie 330, 423.
Andral 432.
Anconaei 267.
Anelectrotonus 51.
Anionen 123.
Anode, Verhalten zur Kathode 46—48.
Anorexie 444.
Anosmie 430.
Ansatzpunkte der Electroden, ungleichnamige Wirkung ders. 65.
Anspruchsfähigkeit 65
Antitragicus 217.
Apoplexie 390, 392.
Appetit 354.
Arndt 393, 394.
Aronsohn 125, 340, 430.
Arseniklähmung 308.
Arthritis deform. 363, 452; nod. 328.
Arthuis 365.
Aryepiglottici 250.
Arytaenoideus 247, 432.
Asphyxie 434.
Attollens, attrahens auric. 219.
Auerbach 308
Auflösung des Inductstr. 41.
Augäpfel, Bewegungen ders., coordinirte bei Gehirngalv. 129; Leitungsfähigkeit 19, 34, 115; Wassergehalt 36; Muskellähmung 426; bei Acusticuserkrankungen 338; Zwangsstellung ders. 129; Electrodiagnostik 332.
Augustin 127.
Auricularis ram. n. fac. 216.
Ausschleichen 66.
Axillaris n. 254, 401.
Azygos uvulae 234.

B.

Baeumler 143, 269.
Bad, electrisches 357—364.
Baierlacher 310, 311.
Bamberger 243.
Ballet 365.
Ballouhey 448.
Basedow'sche Krankheit 363, 442.
Bastelberger 314.
Beard 352, 357, 367, 386, 397.
Beclard 97.
Becquerel 81, 90, 97.
Beetz 161, 376, 451.
Benedikt 68, 114, 121, 243, 303, 304, 308, 367, 404, 419.
Berger 304, 370.
Bernard, Claude, 9, 99, 149.
Bernhardt 308, 322, 323, 325, 329, 392, 398, 404, 406, 407.
Bernstein 118.
Berufskrampf 419.
Betäubung 130.
Bettelheim 121.
Bezold 52—57.

Bibra, v., 18.
Biceps 8, 254; femoris 279.
Bichat 3.
Biedermann 54.
Billroth 100, 101.
Bischoff 18, 198.
Blackwood 442.
Blase 37, 448.
Bleikolik 447
Blut 18, 48; -Gefässe, LW ders. 19, 43, 44; Paralysen, Spasmen ders. 420; Blutungen 370, 373, 375.
Bollinger 44.
Botkin 451, 453.
Boucheron 427.
Bouillon-Lagrange 326.
Boulu 454.
Brachialis internus 254, 263
Brenner 11, 27, 38, 64—69, 74—76, 79, 104—109, 119, 120, 122, 127, 128, 134, 140, 170, 250, 303, 304, 308, 332—338, 444.
Breschet 81, 90, 97.
Brücke 9, 56.
Brückner 29, 36, 63, 311.
Brunner 109, 198.
Bruns 243, 376, 453.
Buccinator 229.
Buch 394.
Bucquoy 448.
Budge 131.
Bulbärkernlähmung, Erregbarkeitsherabsetzung 307; EaR 309, 391, 397.
Bunsen 156, 158—161, 165.
Burckhardt 27, 28, 30, 32, 36, 37, 65, 68, 126, 133, 330, 381, 395

C.

Caragiosiadis 142, 444.
Carotis, Blutdruckmessung in ders. bei Gehirngalv. 384.
Cataract 427.
Catharina Serafin 139, 140, 438. 439.
Charcot 133.
Cheyne-Stokes 129, 130.
Chorea 425.
Chvostek 149, 303, 442, 452.
Ciniselli 355, 357.
Circulation bei Galv. 28.
Commutator 77, 169.
Compressor nasi 228.
Constanter Strom 54, 65, 80.
Constrictores pharyngis 234, 431.
Corrugator supercilii 220.
Crico-thyreoidei 245, 432; crico-arytaenoid. lat. et post. 248, 249.
Cruralis n. 275, 295, 298; m. 276.
Crussel 9.
Cucullaris 8, 237, 436.

D.

Da Costa 308.
Daniell 156; Daniell-Siemens El. 165.
Darm, LW 37; -Galvanisation 146; -verschluss, -vorfall 447.
Deen 131.
Deltoidei 8, 254, 401.
Dixon Mann 441.
Digastricus 217.
Dilatator nar. 228.
Domansky 357.
Dor 427,
Drosdoff 22, 150, 365, 451.
Druckpunkte 421.
Drüsen 144, 374.
Duchenne 1, 3, 4, 5, 9, 42, 71, 107, 151, 213—235, 244, 250, 310, 330, 347, 400, 401, 414, 432.
Dusch 442
Dysmenorrhoe 366.
Dyspepsie 363, 366, 373.

E.

Ebmeier 100.
Eckhard 15, 17.
Eclampsie 425.
Edelmann 189.
Einheitselectrode 293.
— galvanometer 296.
Eisenlohr 303
Elektrotonus 50; Versuche am Lebenden 59.
Elektrische Neurose 377, 393.
Elektropunctur 443.
Elias 453.
Emminghaus 435.
Encephalopathia saturnina 130; uraemica, apoplectica 436.
Engelhardt 118.
Engelskjön 109, 334, 377, 393
Entartungsreaction 309—326.
Entbindungslähmungen 417.
Entzündung 375.
Enuresis noct. 449.
Erb 9, 17, 20—23, 26, 45, 60, 61, 63, 68, 121, 126, 133, 134, 292—294, 303—308, 312, 313, 315, 318, 322, 324, 325, 329, 348, 357, 367, 390, 391, 395, 404, 406, 407.
Erdmann 5, 432.
Erfrieren 436.
Erhängen 436.
Erhardt 334, 380.

Erlenmeyer 365, 369.
Erregbarkeitsscala 295, 298.
Ertrinken 436.
Erythem bei Elekt. 44.
Epidermis 23, 24.
Epilepsie 425, 389.
Esmarch 451.
Ettinghausen 151.
Eulenburg 59, 60, 63, 121, 136, 340, 358, 432, 442.
Exner 135, 136.
Extensor cruris quadriceps 276.
Extensores digit. 264, 267, 268, 281 bis 283, 286, 401.
Extrastrom 71, 153.

F.

Facialis, bei Acusticuserkrankung 338; u. chorda tympani, Einfluss ders. auf den Geschmack 340; Lähmung dess. rheumatische mit EaR 311 u. 322; Wiederherstellung dess. 411; Zuckungsformel 76; faradische u. galvanische Erregbarkeit 295, 298; Krampf dess. 419.
Faradisation, allg. 352; locale 5; dir. u. indir. des Muskels 5.
Farbenempfindung 109, 113, 117.
Farbensinn 333.
Ferrier 132.
Fick 41, 53, 56, 59.
Fieber 357, 365.
Filehne 66, 68.
Finkelnburg 357.
Fischer 137, 307, 394.
Flies 442.
Flourens 131.
Flexores dig. 257, 260, 261; poll. 258, 259; dig. 284, 286; hall. 283, 284.
Foerster 381.
Franklinisation 358, 365.
Freusberg 321.
Friedberg 435.
Friedleben 16, 18.
Friedrich 303.
Fritsch 131, 132.
Frommhold 186, 419.
Frontalis m. 219; n. 292, 295, 298.
Funke 109.
Fusssohle 23.

G.

Gänsehaut 43, 46.
Gärtner 22—25, 105
Gaiffe 189.
Gallenblase 147.
Galvanisation, allg. 352; centrale 354.
Galvanischer Strom 9.
Ganghofner 444.
Gastrocnemius 284.
Gaumen 431.
Gehirn, LW 13, 26; Wassergehalt 19; Galv. 27, 28, 32, 33, 48; Symptome der Galv. 126; motorische Centra 131; Erregbarkeit bei Verblutung 132; -Gefässe bei Galv. 382; Resorption durch diese 384; Galv. der Gehirnsubstanz 384; Pachy-Leptomeningitis, Apoplexie, Embolie, Sarcom, Sclerose, Paralysis progr. 389; Convulsionen bei Tumoren 304.
Gehör, LW 36; -Hallucinationen 394.
Gelenkentzündung 375; Stromdichte bei ders. 368; -Rheumatismus 363, 364, 451, 452.
General-Galvanofaradisation 352.
Géré 357.
Gerhardt 136, 137, 147, 148, 242, 243.
Geruchsnerv, Galv. dess. 124. 340, 430.
Gesichtsfeld, Erweiterung 117; Hallucinationen 394; Galv. 378.
Geschmacksnerv 36, 121, 339.
Gessler 314, 318—321, 326, 405.
Gicht 363.
Gierse 81
Giraud-Teulon 137, 427.
Glaskörpertrübungen 427.
Glosso-epiglotticus m. 250.
Glutaei 8, 278, 279.
Goldschmidt 313, 314.
Gorup, v., 36.
Gowers 303.
Gracilis 278.
Graeber 330.
Grapengiesser 3, 126, 127.
Grasset 387, 391.
Grove 158, 161.
Grünhagen 118.
Gymnastik 389 ff.

H.

Haare 14; Haarbälge 17, 41, 43.
Haematomyelia traumatica 326
de Haën 3.
Hagen 121.
Halbseitenläsion 307.
Hallé 310.
Haller 6, 131.
Halske 152, 158.
Harless 149.
Haut, LW 21; Wirkg. der Hautreiznng auf Hautgefässe, -nerven, -muskeln 40; Polunterschiede, quant. 44; chem. 47

Hedinger 121.
Heidenhain 58, 94—99.
Heller 308, 406
Helmholtz 60, 68, 71, 81, 90, 96, 97, 99, 109.
Hemianaesthesia hysterica 340.
Hemianopsie 333.
Hemichorea 303.
Hemiplegia 303, 328.
Henle 118.
Herbst 441.
Hering 54.
l'Heritier 18
Hernien 146.
Herz, LW 37; Galvanis. 139; -palpitation 442; -paralyse 443.
Hipp 27.
Hippel 381.
Hirschmann 162, 190.
His 18.
Hitzig 26, 49, 127, 130—132, 162.
Hodenhyperplasie 375, 454.
Hoesslin, R. v. 308.
Hohlhand 23.
Holst 357. 358.
Holtz 125, 150, 363.
Hüttenbrenner 118.
Hufeland 3, 433.
Humboldt 3.
Hyothyreoideus 240.
Hyperaesthesie 330; gelähmter Muskeln 414; des Acusticus 428.
Hypochondrie 363, 425.
Hypoglossus 239.
Hysterie 133, 331, 340, 353, 363, 366, 375, 389, 425; mit Kehlkopfmuskellähmung 431; mit Zwerchfellsl. 432.

I.

Jaksch 5.
Jaschkowitz 149.
Ileus 448.
Illner 93.
Immermann 128.
Impotenz 389, 423.
Indifferenzpunkt 51.
Influenzmaschine 150.
Intercostales 268, 272.
Interossei 262, 286.
Joffroy 307.
Jolly 22—26, 105.
Jonen 48.
Iris 117.
Ischewski 357.
Ischiadicus 137, 279.
Ischias 422.

K.

Kast 323, 325.
Kataphorisch 25.
Katelectrotonus 51.
Kationen 48, 123.
Kehlkopflähmungen 431, 444.
Keil 151.
Ketten, permanente 355.
Kinderlähmung, spinale 400.
Knochen 16.
Koelliker v., 9, 43, 149.
Kohlensäurehäder 353, 389.
Konrad 380.
Krämpfe 303, 418.
Kreatin 99.
Krüger 162.
Kühne 9.
Kugelunterbrecher 164.
Kyrieris 406.

L.

Labyrinth 338.
Lähmungen, Arsenikl. 308; Bleil. 308, 323, 366; rheumatische 313, 366; traumatische 311, 315; diphtheritische 311, 315, 326; Uebererregbarkeit bei ders. 303; Herabsetzung 305; EaR 325, 326; Oblongatakernl. 398; spastische Spinall. 307; Kinderl. 326, 400; motorische 412 ff.
Landois 149.
Lassaigne 18
Latissimus dorsi 274.
Leher, LW. 32, 35, 37. Polunterschiede in ders. 48; Hyperplasie ders. 375, 454.
Leclanché 160.
Leegaard 303, 318, 381, 405.
Lefort 357.
Legros 409.
Lehr 358—364.
Leitungsfähigkeit, Leitungswiderstand im Allg. 14—16; Ueberwindung ders. 19; LW der Organe 21; der Epidermis 21; Herabsetzung des LW durch den galv. Strom 24; durch den Ind.-Strom 26; LW des Gehirns u. Rückenmarks 26 (Versuche von Erb, Burckhardt 27, Brückner 21, v. Ziemssen 30 ff.); LW der Schädelknochen 33; der Bulhi, Muskeln, Leber 35; des Ohrs 36; der Zunge, des Rückenmarks, des Sympathikus 37.
Levator, menti 232; labii sup. prop. et alae nasi 226; scapulae 238.

Leukaemie 453.
Lenz 15.
Leyden 100, 150, 330.
Lichterscheinungen 109.
Löwenfeld 133, 134, 382.
Localisirung 4, 14.
Longet 131.
Ludwig 99.
Lückenreaction 404.
Lunge 37.
Luschka 141.
Lymphdrüsen 454.

M.

Mackenzie 148, 244, 444.
Mader 452.
Magen-Galv. 143. 446; -Drüsen 144.
Magendie 131.
Markscheide bei EaR 318, 319.
Marshall Hall 433.
Massage 389.
Masseter 233.
Massirrolle, electrotherapeutische 355.
Matteucci 15, 81, 90, 131.
Mauduyit 3.
Mayer, Sigm., 318.
Medianus 256, 295, 298.
Meidinger 161.
Melancholie 389, 394.
Mendel 394, 409.
Meningitis, vgl. Gehirn.
Mentalis n. 295, 298.
Meyer, M., 5, 137, 198, 243, 311, 386, 432, 435, 422, 452, 454.
— P., 432.
Meyerstein 97, 98
Middeldorpf 9.
Migräne 368.
Milliampères 189, 349.
Milz 32, 37, 148, 452.
Mitchel 331.
Mittelohr 338.
Moeller 435.
Morphium, Morphinismus 375, 436.
Mosengeil 198.
Mosler 149, 435, 453.
Motorische Punkte 7; Endplatte bei EaR 314; nach EaR 320.
Müller, Joh., 119, 161; F. 323, 400; C. W., 190, 307, 367, 406.
Muirhead 186.
Mundschleimhaut 37.
Munk 132.
Musculo-cutaneus n. 254, 295, 298.
Muskel. LW 15—19, 35; Hautmuskelreizung 43; Nerv- und Muskelreizung, Physiologie ders. (vgl. Nerv 49); directe Muskelreizung 52, 80, Wirkungen: Wärmesteigerung durch Contraction 81; v. Ziemssen's Versuche mit Inductionsstrom 83, 102; Ergebnisse ders. 91; Thermoelektrische Messungen 94; Wärmesteigerung in glatten Muskeln durch Faradisation und Galvanisation 96. Muskelwärme, Physiologie ders. 97. Muskelcontraction 101;
Muskelgalvanisation ohne Contraction 102; ohne Wärmesteigerung 103.
Muskelerregbarkeitsteigerung 104.
Muskelnerven, sensible, Muskelgefühl 106.
Muskelirritabilität 6, 9; Tetanus 55, 100; Ermüdung 56; Auffrischung u. Wiederherstellung 57; Arbeit, Ernährung 82, 101, 102; Degeneration 102; Atrophie, einfache und progressive: Uebererregbarkeit bei ders. 303; Erregbarkeitsherabsetzung bei ders. 309 resp. 308; progressive mit EaR 309, 326, 403, 404, mit verschiedener Erregbarkeit desselben Nerven 305, mit gekreuzten Reflexen 328.
Muskelhypertrophie, Erregbarkeitsherabsetzung 308, 406, 407; Steigerung 304.
Muskelentartungsreaction 315, Tonus nach ders. 317, 327, 414; Muskelhyperästhesie 414, Atrophie nach EaR 321; Muskelreflexe 328.
Muskelatrophie progr. Elekt.-Ther. 398, 405, 406, 432. Hypertrophie 406, 407; Atrophie bei Oblongatakernlähmung 398.
Muskelschwäche, spinale 398.
Myalgie 450.
Mydriasis paralytica 427.
Myelitis 303, 307, 368, 407—409; Meningomyelitis 375, 407; Blasenfunction bei ders. 449.
Myorrhexis 450.
Myositis 375.

N.

Naegel 14.
Narben 375.
Nebenschlisssung 71.
Neef 152.
Neftel 109, 117, 333, 367, 427.
Nervenreizung, intra-, extramusculäre 6; Nervenverlauf 8.
Nervensystem, LW 15—17, 26; Nervenplexus, LW 28, 36.
Nerven, LW 37; Hautnervenreizung 41; Nerv- und Muskelreizung 46; Physiologie ders. 49; Gesetze 55; Galvani-

sation 56; physiologische Wirkungen: Oeffnungsinductionsstrom 70; Extra- u. Inductionsstrom 71; Batteriestrom 72; Polwirkungen 73; Stromwechsel 77.
Nerv und Muskel, Erregbarkeit gesteigert durch beide Ströme 104; Erregbarkeit des Nerven bei unerregbarem Muskel 56; Elektrisation der sensiblen 106; Sinnesnerven 109—126.
Nervenerregbarkeitsscala 295, 298; Absterben des Nerven 306; Erregbarkeit nach EaR 318; Nervendehnung 314, 322; Störungen der Erregbarkeit sensibler Nerven 330.
Nervensystem, Erschöpfungszustände dess. 354.
Netzhaut 13, 19, 36, 71, 114, Ablösung 333; Gefässe ders. bei Gehirngalv. 384.
Neumann 56, 81, 311, 318, 321.
Neuralgie 363, 366, 375.
Neurasthenie 353, 363, 375, 387, 389, 425; spinale 396, 397.
Neurosen 10, 353, 389, 393.
Neuritis 303, 308, 368, 375, 416; optica 427.
Niemeyer 251.
Nieren 148, -hyperplasie 375, 454.
Normalelectrode 293.
Nothnagel 384.
Nystagmus 129.

O.

Obliqui abdom. 273, 274.
Oblongatakernlähmung, Oblongatasclerose, -tumoren 398.
Obturatorius 277.
Occipitalneuralgie 370.
Oculomotorius 118, 426.
Oeffnungsinductionsstrom 70.
Oesophagus, Galv. 139, 443.
Ohrensausen 428.
Ohrgefässe bei Galv. 384.
Oidtmann 18.
Olfactorius 125.
Omohyoideus 239.
Onanie 423.
Onimus 303, 306, 310, 329, 409.
Oppenheimer 435.
Opponens poll. 259; dig. V. 261.
Opticus, Galv. 109; elektr. Hyperästhesie 333; intracephale Lähmung 426; Atrophie dess. 427; Neuritis optica 427.
Orbicularis palp. 222; malaris 222; oris 229.
Ozon 125.

P.

Palmaris 257, 261.
Paraesthesie 363.
Paralysis, agitans 363, 365, 426; ascendens acuta 409; progressiva 389.
Paraparese 313, 397.
Paraplegie 293; hysterische 397.
Parotis 375.
Paul 357.
Pectineus 278.
Pectoralis 252, 253.
Periostitis 375.
Peripolare Zone 68.
Pernice 433.
Peroneus n. 280, 281, 292, 295, 298, 398; m. 281—283.
Person 15.
Peters 407.
Petrina 304.
Pfaff 124.
Pflüger 42, 51, 57, 60, 66, 110, 427.
Pharynx 398.
Phrenicus 140, 240, 434.
Pincus 165.
Plexuslähmungen 417; -Krämpfe 419.
Polunterschiede, quantitative bei Hautreizung 44—48; chemische 48; am Nerven 51; polare Wirkungen 65; peripolare Zone 68; Einfluss des negativen Poles auf den Oeffnungsinductionsstrom 71; beim Batteriestrom 72; gesonderte Polprüfung 73; die Polwirkungen am motorischen Nerven 74; Polunterschied beim Stromwechsel 77, an den sensiblen Nerven 107; am Hörnerv 119; am Geschmacksnerv 122.
Poliomyelitis 308, 326, 400, 402, 403.
Polyarthritis rheumat. 451.
Pouillet 15.
Pronator teres 257; quadratus 258.
Prostatahypertrophie 375, 454.
Psychosen 393.
Ptschelnikoff 15.
Punkte, Wahl- 6, 8; motorische 7, 8; Rand- 8; Schmerz- 421, 425.
Purkinje 109, 127.

R.

Rabat 357.
Rachen 140, 202, 398, 431, 444.
Radialis m. 257, 264, 265; n. 263, 295, 298.
Randpunkte 8.
Ranke 17, 18, 37.
Raumsinn 361.

Rectus abdom. 272; fem. 276.
Reflexbewegungen, elektrische 327, 328.
Remak, E. 22, 23, 125, 303, 308, 310, 325, 330, 340, 348, 405.
Remak, R. 5—10, 17, 22, 26, 44, 58, 67, 68, 104, 108, 123, 127, 327, 367, 375, 386, 452.
Resorption 390.
Respiration 140.
Rheostat 74, 105, 174, 388
Richter 5.
Ritter 3, 109, 124, 125.
Rockwell 50, 352, 357, 367, 386, 397, 442.
Rollenabstand 291.
Rosenthal 41, 57, 72, 78, 109, 123, 124, 157, 303, 306.
Rossbach 421.
Rothmund 427.
Rückenmark, LW 8, 27, 36; Galv. 133, 202; Paralysen 133; Tumoren 326; Zerreissung 309; Degeneration der Vordersäulen 400; Krankheiten dess. mit anomaler Reaction sensibler Nerven 330.
Rüdinger 143.
Rumpf 308, 384, 387, 391.
Runge 22, 24, 63, 64.

S.

Salzgehalt der Gewebssäfte 17.
Samt 61—63.
Säure an der An im contrahirten Muskel 99.
Sartorius 277.
Saxton 151
Scalenus 436.
Schädelknochen 26, 33.
Scheinbewegung des Sehobjects 127.
Scheitelbein 16.
Schienbein 16.
Schiff 131, 132.
Schilddrüse 453.
Schlaflosigkeit 387.
Schlesinger 15.
Schliessungsort 66.
Schmerzleitung, verlangsamte. El.-Diag. ders. 330; Schmerzpunkte 421, 425.
Schmidt, H., 136; C. L. 139.
Schoenbein 123, 125.
Scholz 433.
Schroeder 452.
Schüle 394.
Schultze 18, 43.
Schulz 311.
Schulze, F., 303.
Schwanda 121, 150, 365.
Schwartze 121.
Schweig 357.
Schweissdrüsen 17, 41.
Schwerhörigkeit 428.
Schwindel 127, 128.
Sclerose, multiple 307, 389, 407; Seitenstrangscl. 400.
Sczelkow 99.
Seeligmüller 308, 357, 358, 407.
Sehne 15, 16.
Semitendinosus, -membranosus 280.
Semnola 250.
Sensibilität der Muskeln 107, 331; Prüfung der Sensibilität 329; faradocutane im el. Bad 361.
Serrati 251, 274, 436.
Siemens 152. 158, 165, 174.
Skorczewsky 452.
Smee 186.
Soleus 284.
Solger 97, 98.
Solmon 307.
Soolbäder 353, 389.
Spamer 165, 182.
Spannungsdifferenzen, polare 64; -ströme 361.
Splenius capitis 274.
Spinallähmung 307, 400, 407; -irritation 366, 397.
Stark 16.
Stapedius 429.
Statische Elektricität 365.
Stein 150, 353, 355, 357, 365.
Steiner 443.
Sternocleidomastoideus 8, 236, 436.
Sternothyreoideus 240.
Stintzing 290, 293—300, 303, 304, 306 bis 308, 314, 322—325, 330.
Stöhrer 151, 161, 164, 190.
Stricker 54.
Strom-breite, specifische 293, -dichte 13, 349 (Normal- 368); Schwankungen ders. 50—56; im Elektrotonus 61; Stromlauf 12; Stromstärke 55, 57, 67, 73; Geschwindigkeit 56; Richtung 58; 64, 65, 68, 77.
Stromgeber 196.
Stromwähler 169.
Strümpell 407.
Stylohyoideus 217.
Subcutaneus colli 235.
Subscapularis n. 252.
Sulzer 122.
Supinatores 263, 264.
Sycyanko 121.
Sympathicus, Leitungsfähigkeit dess. 28, 37, 70, 118; Galvanisation 135, 386; bei Arthritis 452.

T.

Tabes, motor. Uebererregbark. 303; Herabsetzung bei ders. 307; gekreuzte Reflexe bei Galv. 328; elektromusculäre Sensibilität bei ders. 331; Elektroden bei ders. 396; Ther. 398; Blasenfunction bei ders. 449.
Talgdrüsen 17, 41.
Tastsinn 361.
Taubheit, nervöse 366.
Tauchbatterie 160.
Temporalis m. 233; art. Blutdruck in ders. bei Gehirngalv. 384.
Tensor fasciae lat. 277; tympani 429.
Teres maj. 274.
Tetanie 303, 425.
Tetanus, rheumat., traumat. 409.
Thiry 97, 98.
Thistleton 189.
Thomsen 407.
Thoracicus ant. lat. post. 251, 252.
Thyreo-arytaenoidei 248, 392; -epiglottici 250.
Tibia, Wassergehalt ders 16.
Tibialis m. 281, 284, 401; n. 283, 285, 295, 298.
Tibbits 186.
Tic douloureux 370, 420.
Tigges 394.
Tobold 243.
Tonus 70, 71; vgl. Muskel.
Transversus abd. 273.
Traube 100.
Trautwein 362.
Tremor 363, 365, 375, 425.
Triangularis menti 230.
Trichinose mit Zwerchfellähmung 432.
Trigeminus bei Gehirngalv. 114, 115; Erkrankung dess. mit Geschmacksveränderung 340.
Tscherbatscheff 109, 117, 333, 380, 381.
Tschiriew 22.

U.

Ulnaris n. 292, 295, 298.
Unpolarisirbare Electroden 48, 198 bis 202.
Uraemie 130.
Urether 148.
Uterus 148.

V.

Vagus 143, 241, 250, 363, 444.
Valentin 98.
Valtat 357.
Vas deferens 148.
Vasomotorisches Centrum 363, 374. 384.
Vasti 8, 276, 277.
Velden, v. d., 307.
Verblutung 132.
Vergiftungen, acute mit Gasen 433 bis 436.
Vierordt 325.
Vigouroux, P. 150, R. u. P. 363.
Voit 138.
Volta 77, 109, 122, 124.
Voss 151.
Vulpian 313, 387, 390, 443.

W.

Wachsmuth 307.
Wärme 17, 19; bei Tetanus 97; der Haut 49; des Muskels 81; thermoelektrische Messung am Muskel 92.
Wagner 149, 152, 380.
Wassergehalt der Gewebe 16.
de Watteville 22, 23, 69, 353.
Weber, Ed. 15, 131; EH 43, 123.
Wechselfieber 149; perniciöses 436, 453.
Weisflog 357, 375.
Weiss 303, 312, 313, 321.
Westphal 407.
Wheatstone 22.
Wienholt 18.
Wiesner 251.
Willenseinfluss nach EaR 217.
Wunderlich 100.
Wundt 51, 54, 55, 57.

Z.

Zink-Kupfer-Element 156, 158; -Kohle-Braunstein oder Mangansuperoxyd-El. 160.
Zink, Verquicken oder Amalgamiren dess. 157.
Zinn 131.
Zuckungsgesetz nach Du Bois, Pflüger 50, 51; Bezold, Fick 52, 53; Wundt 54; Brenner 65; -Formel des normalen Nerven und Muskels am Lebenden 74.
Zunge 35—37.
Zweigstrom 20, 31.
Zwerchfell, Galv. 140, 432.
Zygomaticus maj. 223; min. 223; n. 295, 298.

Gedruckt bei L. Schumacher in Berlin.





